

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADAS À GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS: EXPERIÊNCIAS E POSSIBILIDADES PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA IX DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO

NILSON COUTINHO GOMES NÉTO

MACAÉ-RJ

2020

NILSON COUTINHO GOMES NÉTO

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADAS À GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS: EXPERIÊNCIAS E POSSIBILIDADES PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA IX
DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientadora: Dra. Maria Inês Paes Ferreira

MACAÉ-RJ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G633s

Gomes Néto, Nilson Coutinho, 1992-.

Soluções baseadas na Natureza aplicadas à gestão de recursos hídricos: experiências e possibilidades para a Região Hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro / Nilson Coutinho Gomes Néto. — Macaé, RJ, 2020.

96 f.: il. color.

Orientadora: Maria Inês Paes Ferreira, 1962-.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2020.

Inclui referências.

Área de concentração: Sustentabilidade Regional.

Linha de Pesquisa: Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

1. Recursos Hídricos e Saneamento – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX). 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Soluções baseadas na Natureza (SbN). 4. Pagamento por Serviços Ambientais. 5. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas. I. Ferreira, Maria Inês Paes, 1962-, orient. II. Título.

CDD 628.1

(23. ed.)

Dissertação intitulada **SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADAS À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: EXPERIÊNCIAS E POSSIBILIDADES PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA IX DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, elaborada por **Nilson Coutinho Gomes Néto** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFF, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em: 11/11/2020

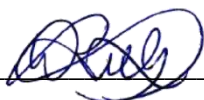
Banca Examinadora:



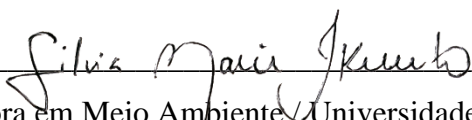
Maria Inês Paes Ferreira, Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Federal Fluminense (IFF) – Orientadora



Vicente de Paulo Santos de Oliveira, Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Federal Fluminense (IFF)



Wagner Rambaldi Telles, Doutor em Modelagem Computacional / Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade Federal Fluminense (UFF)



Silvia Marie Ikemoto, Doutora em Meio Ambiente / Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Dedico esta dissertação aos meus avós, Nacíbia e Gil
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força para superar desafios e angariar conquistas.

Aos meus avós, Nacíbia e Gil (*in memoriam*), o maior amor que carrego comigo. Obrigado por todo apoio durante o meu caminho de lutas e sonhos.

Ao meu companheiro André, pelo amor, cuidado e acolhimento. Obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos, incentivando-me a prosseguir.

Ao meu psicólogo Tiago, por me ajudar a superar situações difíceis e contribuir para o meu desenvolvimento pessoal.

A minha orientadora, Maria Inês, pela orientação, confiança, conhecimentos compartilhados e por me oportunizar a realização deste trabalho.

A minha mãe, Silvia, por me sustentar em oração.

As minhas irmãs, pelo laço forte de amor e parceria na vida.

Aos meus sobrinhos, por trazerem tanto amor e alegria.

À Kamila, Annelise, Luana e Carolina, pela amizade, e por tornarem esses dois anos mais leves.

Ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-BPSI), Instituto Estadual do Ambiente (INEA), Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG), Reserva Particular do Patrimônio Natural Caruara (RPPN Caruara) e Unidade de Estudos Costeiros da Universidade Federal Fluminense (GeoCosteira/UFF), pela disponibilidade dos dados.

A todos os membros da banca examinadora, pelas valiosas sugestões na melhoria desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense (PPEA/IFF), pela oportunidade de concluir mais uma importante etapa da minha trajetória acadêmica.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste estudo.

“Inteligência é a capacidade de se adaptar à mudança.”

Stephen Hawking.

LISTA DE FIGURAS

APRESENTAÇÃO

Figura 1 – Regiões hidrográficas e regiões de Governo do Estado do Rio de Janeiro.....17

ARTIGO CIENTÍFICO 1

Figura 1 – Esquema metodológico da revisão de literatura.....23

Figura 2 – Número de artigos científicos publicados sobre a temática SBN por ano.....24

Figura 3 – Soluções Baseadas na Natureza.....27

ARTIGO CIENTÍFICO 2

Figura 1 – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX).....43

Figura 2 – Percentual de entrevistados que consideraram o PSA como opção de financiamento estimulante para a implementação de SbN na RH IX.....70

Figura 3 – Percentual de entrevistados que consideraram importante adotar combinações entre infraestruturas verdes e cinzas na RH IX.....75

Figura 4 – Percentual de entrevistados que consideraram as SbN como estratégia aplicável e/ou relevante para o enfrentamento de desafios hídricos na RH IX.....76

Figura 5 – Percentual de entrevistados que recomendaram SbN prioritárias para o alcance do ODS 6 na RH IX.....77

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO 2

Tabela 1 – Hierarquização de iniciativas com SbN analisadas na RH IX.....69

LISTA DE QUADROS

ARTIGO CIENTÍFICO 1

Quadro 1 – Soluções Baseadas na Natureza para a conservação e a gestão dos recursos hídricos....28

ARTIGO CIENTÍFICO 2

Quadro 1 – Protocolo de avaliação de Soluções baseadas na Natureza aplicadas à gestão de recursos hídricos.....47

Quadro 2 – Potencial de contribuição de SbN para o alcance das metas do ODS 6.....49

Quadro 3 – Iniciativas com SbN identificadas e analisadas na RH IX.....66

LISTA DE SÍMBOLOS

ha – Hectare
Km – Quilômetro
Km² – Quilômetro quadrado
m – Metro
MWh – Megawatt-hora

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
AIPM – Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP – Área de Preservação Permanente
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBH-BPSI – Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana
CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
COPPETEC – Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos
DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EEEG – Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba
EMATER-RIO – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA – Estação de tratamento de água
ETE – Estação de tratamento de esgoto
FGV-EAESP – Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas
FINATEC – Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GEF – Fundo Global para o Meio Ambiente
GIRH – Gestão Integrada de Recursos Hídricos
HR IX – *Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana Hydrographic Region*

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IFF – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

IFPB – Instituto Federal Paraíba

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IUCN – *International Union for Conservation of Nature*

IWRM – *Integrated Water Resources Management*

NbS – *Nature-based Solutions*

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PAP – Plano de Aplicação Plurianual

PER – Projeto Executivo de Restauração

PES – *Payment for Ecosystem Services*

PPEA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

PROHIDRO – Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos

PRO-PSA – Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

RH – Região Hidrográfica

RH IX – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana

RJ – Rio de Janeiro

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SAF – Sistema agroflorestal

SbN – Soluções baseadas na Natureza

SciELO – *Scientific Electronic Library Online*

SDG – *Sustainable Development Goals*

SEAPPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Pesca

SEAS – Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SUPBAP – Superintendência Regional Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana

UC – Unidade de Conservação

UEL – Unidade Executora Local

UFF – Universidade Federal Fluminense

UN – *United Nations*

WWAP – *World Water Assessment Programme*

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADAS À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: EXPERIÊNCIAS E POSSIBILIDADES PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA IX DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RESUMO

O interesse em novas abordagens de gestão com base na natureza para o enfrentamento de diversos desafios da sociedade face às mudanças climáticas e ao aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tem aumentado nos últimos anos. Nesse contexto, destacam-se as Soluções baseadas na Natureza (SbN) como abordagem para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos, com alto potencial de contribuição para o alcance dos objetivos e metas relacionados à água da Agenda 2030 da ONU. A Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX) abrange 22 municípios situados nas regiões norte e noroeste fluminense, cujo território está vulnerável a situações de escassez hídrica, poluição das águas, secas e inundações. Objetiva-se, com o presente trabalho, propor uma metodologia de análise comparativa de SbN para promover a gestão integrada de recursos hídricos na RH IX. Este trabalho adotou a revisão de literatura e o estudo de caso múltiplo como estratégias de pesquisa, além de métodos de pesquisa bibliográfica, análise documental, entrevistas e observação participante. As iniciativas (programas, projetos e ações) relacionadas à SbN identificadas foram analisadas e hierarquizadas a partir de uma metodologia de análise comparativa de SbN. Os resultados evidenciaram que, com exceção das medidas de conservação florestal, a aplicação de SbN ainda é limitada na RH IX. Os resultados também confirmaram que, as SbN são uma abordagem adequada para promover a gestão integrada de recursos hídricos, pois contribuem para a provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à melhoria da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. A metodologia desenvolvida mostrou-se replicável visando à análise e hierarquização de iniciativas com SbN. Entre as recomendações para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos na RH IX a partir de SbN, destacam-se: envolver tomadores de decisão; promover arranjos institucionais robustos; incentivar a combinação entre infraestruturas verdes e cinzas; reforçar iniciativas para concepção e implementação de SbN; divulgar os resultados das experiências implementadas; e estimular o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como opção de financiamento de SbN.

Palavras-chave: Revitalização de bacias hidrográficas. Saneamento. Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

**NATURE-BASED SOLUTIONS APPLIED TO INTEGRATED WATER RESOURCE
MANAGEMENT: EXPERIENCES AND POSSIBILITIES FOR THE HYDROGRAPHIC
REGION IX IN RIO DE JANEIRO STATE**

ABSTRACT

The interest about new management approaches based on nature for facing various societal challenges due to climate change and the augmentation of the frequency and intensity of extreme weather events has been an increased in the recent years. In this context, Nature-Based Solutions (NbS) stand out as an approach for improving the water resources management with a high potential for contributing to the achievement of the objectives and goals from UN Agenda 2030 related to water. The Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana Hydrographic Region (HR IX) covers 22 municipalities located in the north and northwest regions of Rio de Janeiro, whose territory is vulnerable to situations such as water scarcity, water pollution, droughts and floods. The objective of the present work is to propose a methodological framework for comparative evaluation of NbS for the integrated water resources management in HR IX. This work adopted the literature review and the multiple case study as research strategies. In addition, it used the methods of bibliographic research, document analysis, interviews and participant observation. The initiatives (projects, programs and actions) related to the NbS identified were analyzed and ranked using a comparative NbS analysis methodology applied at the watersheds level. The results showed that excepting forest conservation measures, the application of NbS in HR IX is still limited. The results also confirmed that NbS are an appropriate approach to promote integrated water resource management by contributing to the provision of ecosystem services related to improvement of water availability in quantity and quality. The developed methodology proved to be replicable aiming at the analysis and hierarchy of initiatives with NbS. Among the recommendations for improving the water resources management based on NbS in HR IX, it is highlighted: involving decision makers; promoting robust institutional arrangements; encouraging the combination of green and gray infrastructure; reinforcing initiatives for the design and implementation of NbS; disseminating the results from the implemented experiences; and stimulating the Payment for Ecosystem Services (PES) as a financing option of NbS.

Keywords: *Revitalization of watersheds. Sanitation. Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
RESUMO.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
APRESENTAÇÃO.....	15
ARTIGO CIENTÍFICO 1: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADAS À CONSERVAÇÃO E À GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS – UM ESTUDO PROSPECTIVO À LUZ DA AGENDA 2030 DA ONU.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
3.1. Soluções Baseadas na Natureza e seu arcabouço conceitual.....	25
3.2. Soluções Baseadas na Natureza e gestão sustentável de recursos hídricos.....	27
4. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE.....	37
ARTIGO CIENTÍFICO 2: ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS: O CASO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA IX DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1. Área de estudo.....	42
2.2. Dados.....	45
2.3. Metodologia de análise comparativa de Soluções baseadas na Natureza.....	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1. Soluções Baseadas na Natureza da Região Hidrográfica IX.....	50

3.1.1. Caso 1: Projeto Conexão Mata Atlântica.....	51
3.1.2. Caso 2: Proposta de Restauração Artificial do Sistema Praia-Duna de Atafona.....	54
3.1.3. Caso 3: Programa de Restauração Ecológica da Reserva Particular do Patrimônio Natural Caruara.....	56
3.1.4. Caso 4: Projeto Olhos d'Água – PSA Hídrico Carapebus.....	58
3.1.5. Caso 5: <i>Wetland</i> construída para o tratamento de efluentes sanitários da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.....	62
3.2. Panorama das Soluções baseadas na Natureza da Região Hidrográfica IX: fatores de sucesso, desafios, possibilidades e recomendações.....	64
4. CONCLUSÕES.....	78
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO.....	89
APÊNDICE - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DE PERCEPÇÃO AMBIENTAL.....	95

APRESENTAÇÃO

Os desafios relacionados à segurança hídrica, energética e alimentar tendem a se agravar nas próximas décadas, principalmente para atender às pressões de uma população global em crescimento (BENNETT; CAROLL, 2016). Numa conjuntura planetária de mudanças climáticas e do aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, aumentou-se o interesse em novas abordagens de gestão com base na natureza para o enfrentamento de diversos desafios contemporâneos da sociedade, como a segurança hídrica (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; RAYMOND *et al.*, 2017; WWAP, 2018).

Segundo Tundisi (2008), o agravamento da crise da água no século XXI decorre muito mais de uma questão de gerenciamento do que escassez e estresse hídrico. Dessa forma, torna-se fundamental uma gestão sustentável, que visa a aumentar a disponibilidade hídrica qualitativa para atender às necessidades básicas humanas e ecológicas da água e reduzir a demanda no uso não essencial por meio da otimização dos processos de utilização desse recurso.

Diante desse cenário, a gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) – ou *Integrated Water Resources Management* (IWRM) – é “um processo que promove a coordenação de desenvolvimento e gestão de água, terra e recursos relacionados, a fim de maximizar a resultante econômica e o bem-estar social de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais” (AGARWAL *et al.*, 2000). A GIRH oferece soluções para a crise hídrica ao vincular os serviços ecossistêmicos às intervenções humanas como base para a gestão sustentável da água (JIN *et al.*, 2015).

Para tanto, o interesse em Soluções baseadas na Natureza (SbN) – ou *Nature-based Solutions* (NbS) – tem aumentado significativamente nos últimos anos (WWAP, 2018; GOMES NÉTO *et al.*, 2020). Trata-se de um conceito relativamente novo, que surgiu há menos de uma década, estando ainda em processo de estruturação (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016). O conceito de SbN abrange uma variedade de outras diferentes abordagens, como “serviços ecossistêmicos”, “infraestrutura verde”, “engenharia ecológica”, “gestão baseada em ecossistemas” e “capital natural” (NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Assim, há uma ampla diversidade de termos, conceitos e abordagens similares às SbN (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016), tornando-se um fator dificultador para a revisão de literatura devido à fragmentação da produção científica relacionada. Além disso, a falta de clareza sobre o

arcabouço conceitual de SbN é um limitante para a comunicação e o engajamento em prol do avanço da agenda de SbN (IKEMOTO, 2020).

O reconhecimento do papel fundamental que os ecossistemas desempenham na gestão de recursos hídricos integra as ciências hidrológicas modernas há décadas e a aplicação de processos ecológicos para gerenciar a água estende-se, provavelmente, por milênios (WWAP, 2018; IKEMOTO, 2020). A principal característica que distingue as SbN de outras abordagens ecossistêmicas é que elas se referem a um desafio específico para o qual existe alguma solução, e explicita que se trata de uma abordagem com foco em problemas e resultados (IKEMOTO, 2020).

A *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) define as SbN como “ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que abordam os desafios da sociedade de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios à biodiversidade” (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016, p. 5). Para a Comissão Europeia, as SbN são “soluções inspiradas e apoiadas pela natureza, que são projetadas para enfrentar vários desafios sociais de uma maneira adaptável e eficiente em termos de recursos, simultaneamente, fornecendo benefícios econômicos, sociais e ambientais” (MAES; JACOBS, 2017, p. 121).

Apesar das possibilidades conceituais, é consenso que as SbN são soluções alternativas para lidar com os desafios da sociedade, oferecendo oportunidades econômicas e benefícios à biodiversidade. Além disso, são consideradas mais flexíveis e resilientes em relação às infraestruturas cinzas (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; BROWDER *et al.*, 2019), podendo ser combinadas a tais soluções convencionais de engenharia humana, a fim de reduzir o custo de implementação das ações (WWAP, 2018). Portanto, as SbN vêm se destacando como alternativa fundamental para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (UN, 2015; WWAP, 2018).

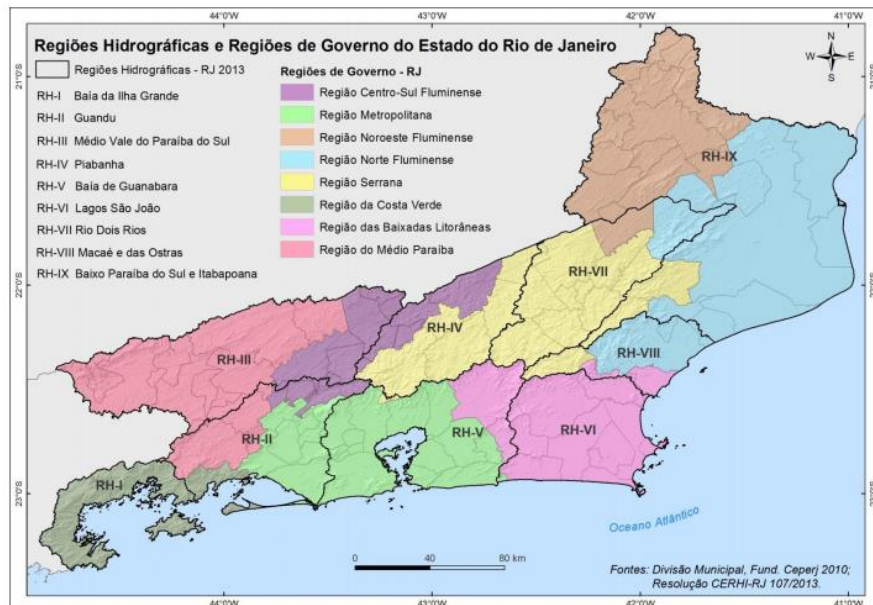
Nesse sentido, as SbN vem sendo recomendada em nível mundial como abordagem para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos, com alto potencial de contribuição para o alcance do ODS 6 – Assegurar a disponibilidade quali-quantitativa e a gestão sustentável da água e o acesso ao saneamento para todas e todos (WWAP, 2018; IPEA, 2019; ALBERT *et al.*, 2019; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2019; SHIAO *et al.*, 2020). Logo, a revitalização de bacias hidrográficas a partir de SbN fornece serviços ecossistêmicos de regulação importantes, como: purificação da água; regulação hídrica; controle de erosão; regulação de sedimentos; e regulação de secas e inundações (WWAP, 2018).

Em particular, no que se refere à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, é notório o predomínio de infraestruturas cinzas na gestão de recursos hídricos (CASSALHO *et al.*, 2020), que, embora essenciais em áreas urbanas, podem ocasionar alterações abruptas na dinâmica fluvial. A bacia em questão está situada nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, ocupando uma área de aproximadamente 61.307 km² (AGEVAP, 2018). Seu uso é amplo e vai desde fins domésticos, agrícolas, industriais, geração de energia, até como receptor de efluentes (MARENGO; ALVES, 2005).

O rio Paraíba do Sul é resultado da confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga, no Estado de São Paulo, a 1.800 metros de altitude. Até desaguar no Oceano Atlântico, entre os municípios de São João da Barra e São Francisco de Itabapoana, no norte fluminense, percorre aproximadamente 1.100 km (AGEVAP, 2018). Além de atender às necessidades da população, biodiversidade e atividades econômicas existentes em sua área de drenagem, o rio abastece mais de 12 milhões de habitantes da região metropolitana do Rio de Janeiro (INEA, 2018).

Dessa forma, o Estado do Rio de Janeiro está dividido para fins de gestão em nove regiões hidrográficas (RIO DE JANEIRO, 2013), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Regiões hidrográficas e regiões de Governo do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: COPPETEC (2014).

Entre as regiões hidrográficas, a Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX) é território de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-BPSI), abrangendo 22 municípios situados nas regiões norte e noroeste

fluminense (CBH-BPSI, 2020). Os Comitês de Bacias Hidrográficas são organismos colegiados responsáveis por promover a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, onde todos os setores da sociedade com interesse sobre a água da bacia hidrográfica são passíveis de representação e poder de decisão (ANA, 2011).

Ao longo das décadas, a RH IX vem sofrendo múltiplos conflitos socioambientais relativos à gestão e ao uso dos recursos hídricos, envolvendo diversos atores sociais: prefeituras, representantes do Governo Estadual e Federal, instituições científicas, empresários, fazendeiros, pescadores, ambientalistas, entre outros (TOTTI; SOFFIATI, 2014). Ressalta-se que a RH IX se insere a jusante de regiões intensamente industrializadas e de grande densidade demográfica (MARENGO; ALVES, 2005), estando suscetível aos eventos de secas e problemas gerados a montante, como enchentes, acidentes e poluição das águas (TOTTI; SOFFIATI, 2014).

Diante disso, a presente pesquisa fundamenta-se em projeções climáticas geradas por modelos regionais que apontam mudanças na frequência e intensidade dos extremos climáticos nas regiões norte e noroeste fluminense. As projeções futuras indicam tendência de aumento de temperatura e de precipitação, sugerindo a possibilidade de redução ou aumento do total anual de chuvas, bem como o aumento dos períodos de seca (SILVA; DERECZYNSKI, 2014). Marengo e Alves (2005) também observaram tendências negativas nas vazões do rio Paraíba do Sul, apontando o atual modelo de gestão de recursos hídricos baseado em infraestruturas cinzas como um dos possíveis responsáveis pelas quedas sistemáticas de vazão.

Nesse contexto, os cenários apresentados enfatizam a necessidade de criação e implementação de ações efetivas de gestão na RH IX, com a capacidade de articular a melhoria da disponibilidade hídrica quali-quantitativa e reduzir os riscos de eventos climáticos extremos. Para tanto, as SbN se apresentam como estratégias indutoras para a revitalização de bacias hidrográficas visando à promoção da gestão integrada de recursos hídricos e à segurança hídrica, contribuindo para o alcance do ODS 6 da Agenda 2030 da ONU (WWAP, 2018).

Segundo Ikemoto (2020), poucos trabalhos têm avaliado como as SbN funcionam na prática. Assim, o conhecimento do desempenho de novas abordagens de gestão a partir de SbN é de fundamental importância para o avanço do conhecimento (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016) e para o aprimoramento de políticas públicas. À vista disso, a investigação e documentação de iniciativas (programas, projetos e ações) regionais com o uso de SbN são importantes para reunir dados e fornecer subsídios para orientar a concepção de novas iniciativas e contribuir na inversão da degradação ambiental nas bacias hidrográficas.

Para a realização deste estudo, foi escolhida a RH IX devido à relevância desse manancial para o abastecimento de água das regiões norte e noroeste fluminense, considerando os conflitos socioambientais relativos à gestão e às pressões sobre os recursos hídricos num contexto de mudanças climáticas. O presente trabalho constitui-se em uma pesquisa de caráter exploratório-descritivo, que utilizou o método quali-quantitativo por meio de duas estratégias de pesquisa: a revisão de literatura e o estudo de caso múltiplo (BOTELHO; CRUZ, 2013; YIN, 2015).

Para o levantamento de artigos científicos de interesse, foi utilizada a plataforma de dados eletrônicos do Periódico Capes, constituída por 520 bases de dados, o que inclui a base *Scopus*, a *Web of Science*, a *Springerlink* e a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Além disso, foram utilizadas teses, dissertações, legislações brasileiras, relatórios técnicos, documentos temáticos da ONU e do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

O estudo de caso múltiplo foi aplicado, adotando-se a RH IX como unidade de análise e utilizaram-se as técnicas de pesquisa bibliográfica, análise documental, incursões de campo, entrevistas semiestruturadas e observação participante, de forma a compor a base de dados e contribuir para um melhor diagnóstico do território em estudo. Para o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se como iniciativa qualquer programa, projeto ou ação que contemple medidas de SbN que contribuam para manutenção, reabilitação e/ou aumento da provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à água.

Para tanto, foram formuladas algumas questões norteadoras de pesquisa, como: i) Quais as principais tipologias de SbN aplicadas no contexto da gestão de recursos hídricos?; ii) Quais são as iniciativas com SbN existentes nas bacias hidrográficas da RH IX?; iii) Quais são as possibilidades para o desenvolvimento de SbN na RH IX?; e iv) Quais são as recomendações para a gestão de recursos hídricos na RH IX a partir de SbN?

Partiu-se do pressuposto de que existem iniciativas propostas, em execução e concluídas com SbN, mas que são pouco estimuladas e divulgadas. Logo, o estudo busca verificar as seguintes hipóteses: i) As SbN possuem aplicação limitada nas bacias hidrográficas da RH IX; e ii) As SbN são uma abordagem adequada para promover a gestão integrada de recursos hídricos na RH IX.

Nesta pesquisa, também foi desenvolvida uma metodologia de análise comparativa de SbN, tendo como principal motivação a necessidade de um método simplificado que fosse capaz de integrar e relacionar diferentes tipologias de SbN aplicadas à gestão de recursos hídricos. A metodologia foi construída com base em legislações ambientais brasileiras, além de literatura acadêmica internacional e nacional sobre a gestão sustentável de recursos hídricos, com foco na

temática das SbN (BRASIL, 1997; BRASIL, 2012; IPCC, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; FGV-EAESP, 2017; WWAP, 2018; SHIAO *et al.*, 2020; BRASIL, 2021). Cabe ressaltar que a metodologia apresentada pode e deve ser aperfeiçoada, aprofundada ou adaptada para outras regiões hidrográficas brasileiras.

Diante do exposto, objetiva-se com a presente dissertação propor uma metodologia de análise comparativa de Soluções baseadas na Natureza para promover a gestão integrada de recursos hídricos na Região Hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro. Além desta apresentação, a dissertação está estruturada no formato de dois artigos científicos, conforme as normas estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense.

No primeiro artigo científico, apresenta-se uma investigação exploratória sobre o conceito de SbN, tipologias, aplicações e desafios no contexto de bacias hidrográficas, à luz do ODS 6 da Agenda 2030 da ONU. Também visa a prospectar e disseminar a abordagem de SbN para promover a gestão integrada de recursos hídricos, articulando a melhoria da disponibilidade hídrica quali-quantitativa nas regiões hidrográficas do Brasil. No presente documento, esse artigo de revisão de literatura encontra-se formatado segundo as regras do modelo submetido à Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do Instituto Federal Paraíba (IFPB), na qual o artigo foi publicado.

No segundo artigo científico, identificam-se e analisam-se iniciativas (programas, projetos e ações) relacionadas à SbN existentes na RH IX, hierarquizando-as a partir de uma metodologia de análise comparativa de SbN desenvolvida para escala regional e aplicada em nível de bacias hidrográficas. Além disso, examinam-se as possibilidades para o desenvolvimento de SbN na RH IX, apontando recomendações para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos a partir de SbN.

Por fim, na seção pós-textual, são apresentadas as Referências Bibliográficas desta apresentação e o Apêndice (Questionário da Pesquisa de Percepção Ambiental), que auxilia na interpretação do segundo artigo científico.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas – um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU¹

Nilson Coutinho Gomes Néto ^[1], Laleska do Nascimento de Souza ^[2], Camila Ariele Ferreira Castro ^[3], David de Andrade Costa ^[4], Maria Inês Paes Ferreira ^[5]

^[1] nilsoncoutinho20@yahoo.com.br. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA/IFF). ^[2] laleska.ns@gmail.com. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais (NUPERN/IFF). ^[3] milaariele@gmail.com. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais (NUPERN/IFF). ^[4] david.costa@iff.edu.br. Instituto Federal Fluminense Campus São João da Barra – Núcleo de Pesquisa em Gestão de Recursos Hídricos (NPGRH/IFF). ^[5] ines_paes@yahoo.com.br. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA/IFF).

Resumo

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pelas dinâmicas ecossistêmicas, que vêm sendo propostas a nível mundial como alternativa para alcançar os objetivos e metas relacionados à água da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Com o presente trabalho, objetivou-se apresentar uma investigação exploratória sobre as SBN, a fim de prospectar e disseminar sua aplicabilidade para a conservação e a gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil. Em termos metodológicos, foi realizada uma revisão de literatura por meio de pesquisa bibliográfica, utilizando o banco de dados do Portal de Periódicos CAPES/MEC. A revisão foi composta por quatro etapas: (1) Formulação de perguntas; (2) Pesquisa bibliográfica; (3) Detalhamento da pesquisa; e (4) Descrição dos resultados. Os resultados demonstraram um aumento no número de artigos publicados sobre o tema SBN ao longo dos últimos anos, evidenciando uma evolução do interesse em pesquisas no campo da gestão ecossistêmica. As SBN são essenciais para responder aos principais desafios relativos à gestão integrada de recursos hídricos e foram classificadas em três categorias: i) SBN para melhorar a disponibilidade da água; ii) SBN para melhorar a qualidade da água; e iii) SBN para reduzir os riscos de eventos climáticos extremos. Portanto, pode-se confirmar a aplicabilidade das SBN como alternativa potencial para a conservação e a gestão integrada das águas no Brasil. Sendo assim, torna-se essencial promover o conceito de SBN em todos os setores da sociedade, de forma a potencializar o seu uso como estratégia fundamental nas tomadas de decisão relativas à gestão dos recursos hídricos brasileiros.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS 6. Gestão de recursos hídricos.

¹ Artigo publicado na Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3695>.

Abstract

Nature Based Solutions (NBS) are environmental interventions inspired and supported by the ecosystem dynamics which are proposed at global level as alternative for achieving the goals and targets related to water in the United Nations (UN) 2030 Agenda. The present work aimed at presenting an exploratory research on NBS in order to prospect and disseminate its applicability for conservation and integrated water resources management in Brazil. In methodological terms, a literature review was carried out through bibliographic research by using CAPES/MEC Journal Portal database. The review consisted of four steps: (1) Questions formulation; (2) Bibliographic research; (3) Research detailing; and (4) Results description. The results have presented an increase in the number of articles published on the NBS theme over the last years, showing a growth of interest in research in the field of ecosystem management. The NBS are essential for addressing the main challenges related to integrated water management and were classified into three categories: i) NBS to improve water availability; ii) NBS to improve water quality; and iii) NBS to reduce the risks of extreme weather events. Thus, it is possible to confirm the applicability of the NBS as a potential alternative for conservation and integrated water management in Brazil. Therefore, it is essential to promote the concept of NBS in all sectors of society, in order to enhance its use as a fundamental strategy in decision making related to Brazilian water resources management.

Keywords: *Ecosystem services. Sustainable Development Goals. SDG 6. Water resources management.*

1 Introdução

As reflexões sobre estratégias de promoção da provisão dos bens e serviços ecossistêmicos têm ganhado espaço nos debates acerca da gestão ambiental sustentável, visando ao manejo e à conservação dos recursos naturais (ROVA; PRANOVI, 2017). No campo teórico-conceitual dos recursos ambientais denominados comuns, que abriga propostas de gestão baseada em ecossistemas (IMPERIAL, 1999), ancoradas na formulação de sustentabilidade forte da economia ecológica (COSTANZA *et al.*, 1997), pode-se situar a gestão integrada dos recursos hídricos, que parte da bacia hidrográfica como unidade principal de planejamento e gestão (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, entendendo a bacia hidrográfica como um território geográfico naturalmente delimitado, a gestão da água deve ser incorporada em um processo mais amplo de gestão ambiental integrada, compreendida como a gestão de abordagem ecossistêmica (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007). Posto isso, a gestão integrada leva em consideração as interações sistêmicas do meio ambiente, em seus processos biogeofísicos, econômicos e sociais, buscando respostas e soluções para problemas específicos (TUNDISI, 2008).

Logo, pensar a gestão integrada das águas no Brasil envolve investigar mecanismos que possam garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos necessários às atividades econômicas e ao bem-estar das populações (TUNDISI, 2006). Da mesma forma, assegurando disponibilidade hídrica, em termos quali-quantitativos, e acesso à água e saneamento para todos, condições que a nação brasileira, como um todo, está longe de alcançar (BRASIL, 2019; IPEA, 2019).

Nesse sentido, com vistas ao aperfeiçoamento e à modernização dos mecanismos da gestão integrada e participativa de recursos hídricos, as SBN vêm sendo propostas, a nível mundial, como alternativa para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU (UN, 2015a; WWAP, 2018; ALBERT *et al.*, 2019), sobretudo, o ODS 6 – Assegurar a disponibilidade quali-quantitativa e a gestão sustentável da água e o acesso ao saneamento para todas e todos (WWAP, 2018; IPEA, 2019).

As SBN são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pelas dinâmicas ecossistêmicas, que surgem como alternativa promissora na obtenção de progressos em direção ao acesso à água potável e aos serviços de saneamento, à produção alimentar sustentável, a

trabalhos decentes, ao crescimento econômico sustentável, à manutenção da biodiversidade, à redução de riscos de desastres e à mitigação das mudanças climáticas (WWAP, 2018; LAFORTEZZA *et al.*, 2018; ALBERT *et al.*, 2019).

Em função dos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, relativos aos objetivos e às metas da Agenda 2030, as SBN constituem-se como estratégia para intervir sobre a escassez hídrica, por meio da gestão da oferta de água, sendo reconhecidas como fundamentais para se alcançar a sustentabilidade hídrica (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

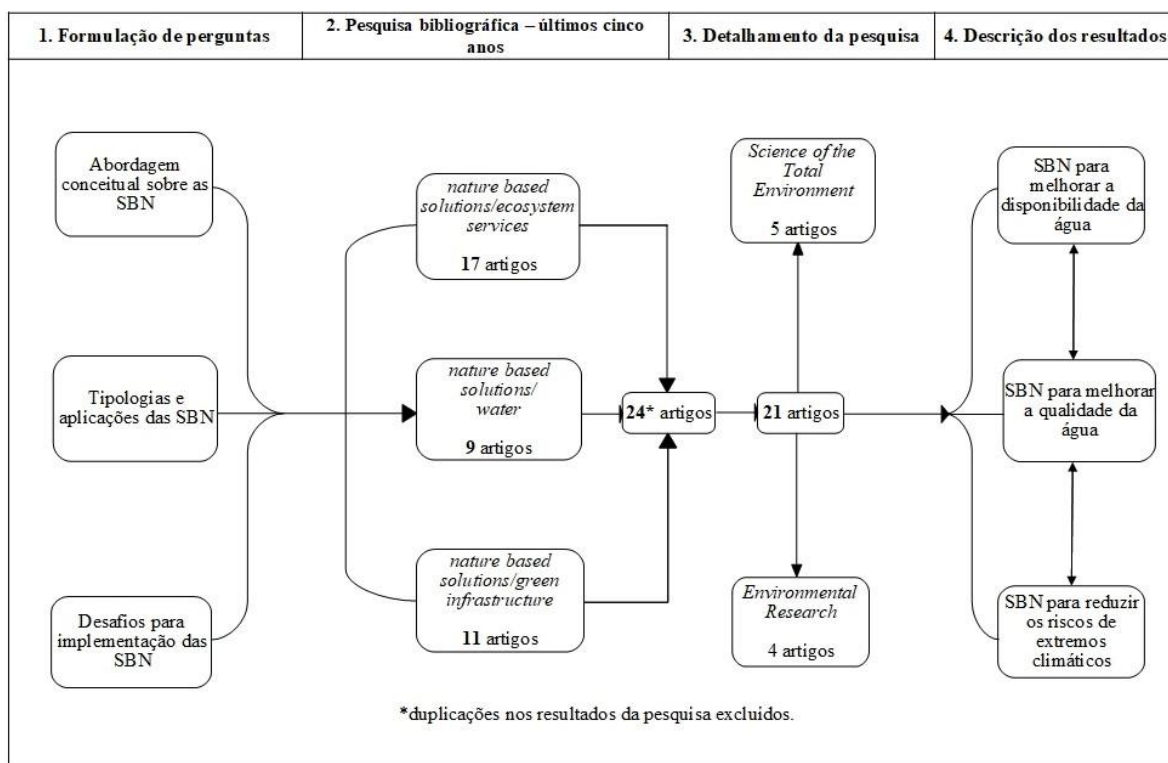
Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, apresentar uma investigação exploratória sobre as SBN, a fim de prospectar e disseminar sua aplicabilidade para a conservação

e a gestão integrada de recursos hídricos no Brasil, à luz do ODS 6 da Agenda 2030 da ONU.

2 Material e métodos

Em termos metodológicos, a investigação descritiva e exploratória foi conduzida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Adaptando-se a metodologia descrita por Caiado *et al.* (2018), foi realizada uma revisão de literatura, a fim de localizar e destacar estudos relevantes existentes sobre as SBN, composta por quatro etapas (Figura 1): (1) Formulação de perguntas; (2) Pesquisa bibliográfica; (3) Detalhamento da pesquisa; e (4) Descrição dos resultados.

Figura 1 – Esquema metodológico da revisão de literatura



Fonte: Adaptado de Caiado *et al.* (2018)

A primeira etapa consistiu em formular questões de pesquisa sobre a abordagem conceitual das SBN, quais as tipologias e

aplicações no contexto da gestão de recursos hídricos, assim como os principais desafios para sua implementação.

Na segunda etapa, foi utilizado o banco de dados eletrônicos do Portal de Periódicos CAPES/MEC (periodicos.capes.gov.br), através da ferramenta de “busca avançada”, configurando-a para pesquisar artigos científicos publicados em qualquer idioma. A busca inicial consistiu em pesquisar a palavra-chave “*nature based solutions*” no campo de busca “qualquer”, sem restrição temporal. Dessa forma, foram obtidos 443 resultados de publicações.

Em seguida, uma nova busca exploratória foi orientada, com o termo “*nature based solutions*” no campo de busca “no título”, combinando-o a um segundo termo utilizado no campo de busca “no assunto”. Os materiais pesquisados foram restringidos a artigos publicados em periódicos revisados por pares, em qualquer idioma, nos cinco anos anteriores. Logo, foram utilizadas as seguintes combinações: (“*nature based solutions*” AND “*ecosystem services*”); (“*nature based solutions*” AND “*water*”); e (“*nature based solutions*” AND “*green infrastructure*”).

Dessa maneira, foram encontrados 17 artigos da combinação *NBS/ecosystem services*, 9 artigos da combinação *NBS/water* e 11 artigos da combinação *NBS/green infrastructure*, totalizando 37 artigos. Além disso, foram utilizados documentos técnicos e artigos clássicos da literatura a respeito da temática da gestão ambiental sustentável.

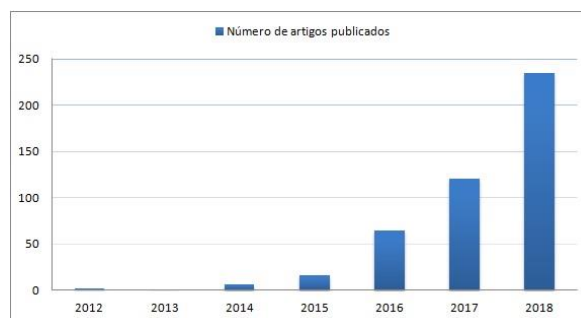
Na terceira etapa, para a seleção e a avaliação dos artigos encontrados, todos eles foram comparados, a fim de eliminar as repetições, resultando em 24 artigos válidos. A seguir, foram analisados todos os resumos que se relacionavam amplamente ao tema. Após a análise, foram utilizados apenas artigos relevantes, contendo referências explícitas às SBN (21 artigos), que se encontram listados no Apêndice A. Entre eles, 5 foram publicados na revista científica *Science of the Total Environment*, 4 na *Environmental Research* e os demais, em periódicos diversos.

3 Resultados e discussão

A discussão acerca das SBN tem crescido exponencialmente na comunidade científica nos últimos anos, conforme demonstram os

resultados da pesquisa bibliográfica com a palavra-chave “*nature based solutions*” (Figura 2). Isso corrobora os resultados encontrados por Stöberl *et al.* (2019).

Figura 2 – Número de artigos científicos publicados sobre a temática SBN por ano



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da análise de dados do Periódico CAPES/MEC, constata-se que o termo *NBS* foi introduzido pela primeira vez no ano de 2012, em um artigo científico intitulado *Biocultural Design – A New Conceptual Framework for Sustainable Development in Rural Indigenous and Local Communities*. Nessa publicação, dedicada à Comissão da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), é apresentada uma nova abordagem, chamada “design biocultural”, em que se discute como o patrimônio biocultural poderia apoiar os processos locais de inovação para o desenvolvimento sustentável nas comunidades indígenas e rurais (DAVIDSON-HUNT *et al.*, 2012). Da mesma forma, o artigo faz referência às propostas da IUCN de implementar as SBN para enfrentar os desafios globais do clima (incluindo a redução de riscos de desastres) e para alcançar segurança hídrica e alimentar, crescimento econômico e social sustentável, redução da pobreza, conservação da biodiversidade e resiliência ecossistêmica (IUCN, 2012).

A partir de 2015, foi observado um aumento significativo no número de artigos publicados. Isso provavelmente se deu em razão da aprovação do documento “Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável”, na sede da ONU em Nova York, no

ano de 2015. Na Agenda 2030 foram estabelecidos dezessete ODS com 169 metas associadas que são integradas e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (UN, 2015a). Outro marco importante ocorreu na COP 21 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015), em Paris. No evento, diversos países integrantes firmaram um acordo histórico que definiu medidas para reduzir os efeitos das mudanças climáticas (UN, 2015b).

Em 2018, ocorreu o maior número de artigos publicados com o termo *NBS*, totalizando 234 publicações. No mesmo ano foi publicado, pelo *World Water Assessment Programme (WWAP)* da ONU, um relatório mundial que incentiva a adoção de SBN para aperfeiçoar a gestão da água no mundo (WWAP, 2018).

3.1 Soluções Baseadas na Natureza e seu arcabouço conceitual

Nos últimos 50 anos, o ambiente natural sofreu alterações antrópicas numa proporção sem precedentes na história do planeta, reduzindo suas funções ecossistêmicas e ameaçando a segurança e a sobrevivência de populações humanas e não humanas (LUKAC, 2017; MARZEC, 2018). Com o passar do tempo, finalmente, foi-se percebendo que estavam sendo desconsiderados bilhões de anos de experiências acumuladas em serviços ecossistêmicos que a natureza desenvolveu de forma bastante sofisticada (NESSHÖVER *et al.*, 2017; FGV-EAESP, 2017).

As funções ecossistêmicas podem ser definidas como o resultado de processos naturais associados a um determinado subsistema ecológico que emerge de interações complexas entre os seus componentes bióticos e abióticos (SCHÄFER, 2012). Essa definição pode ser reconceitualizada como bem ou serviço ecossistêmico quando os valores humanos estão implícitos, numa visão ampliada, que confere aos processos e componentes naturais a capacidade de fornecer bens e serviços que satisfaçam as

necessidades humanas (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002).

Numa conjuntura planetária de crescimento populacional, uso desenfreado de recursos naturais, poluição ambiental, mudanças climáticas e desequilíbrios hídricos, a necessidade de proteger o capital natural e de valorizar os serviços ecossistêmicos é cada vez mais reconhecida como fundamental para conter a degradação ambiental (RAYMOND *et al.*, 2017). Da mesma forma, também é fundamental evitar a sobre-exploração dos recursos ambientais de uso comum, promovendo a sustentabilidade e o progresso em direção aos ODS que colocam o bem-estar humano como ponto-chave (FAIVRE *et al.*, 2017).

Quase paralelamente aos ODS, surgiu o conceito de Soluções Baseadas na Natureza, à medida que organizações internacionais buscavam formas de trabalhar com soluções alternativas às intervenções convencionais de engenharia (RIZVI; BAIG; VERDONE, 2015; NESSHÖVER *et al.*, 2017). Dessa forma, iniciaram-se os primeiros projetos inovadores que visavam promover intervenções ambientais utilizando os processos naturais de ecossistemas saudáveis, ou infraestruturas verdes, para enfrentar desafios transversais da atualidade (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016).

As chamadas SBN são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pela natureza que utilizam e simulam processos ecológicos em ecossistemas naturais, modificados ou artificiais, proporcionando cobenefícios ambientais, sociais, econômicos e contribuindo para a resiliência ecossistêmica (RAYMOND *et al.*, 2017; WWAP, 2018). Dessa maneira, envolvem ações para proteger, manejar, restaurar e recuperar sustentavelmente territórios rurais (KEESSTRA *et al.*, 2018) ou urbanos (BOSCH; SANG, 2017) de forma efetiva e adaptativa (CALLIARI; STACCIONE; MYSIAK, 2019), combinando inovação técnica, comercial, financeira, de governança, regulatória e social (RAYMOND *et al.*, 2017).

Portanto, para a implementação bem-sucedida de uma SBN, é necessária uma profunda

compreensão do funcionamento dos processos e fluxos de matéria e energia dos ecossistemas (FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Diante disso, medidas estruturais, quando associadas às forças motrizes naturais, exigem menos manutenção, tornando-se mais econômicas, se planejadas e construídas de maneira adequada (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018). Além disso, tornam-se mais efetivas por um longo período, visto que as forças naturais aumentam a eficiência de todo o sistema, contribuindo para uma economia e sociedade mais sustentável (NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Numa evolução metodológica e conceitual, os pesquisadores do campo da gestão ecossistêmica vêm se empenhando sobre as SBN, a fim de trabalhar de forma integrada com os ecossistemas, para se adaptar e mitigar os impactos da mudança climática, conservar a biodiversidade, melhorar a saúde e o bem-estar humano (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; FINK, 2016). Assim, o potencial para introduzir abordagens baseadas em ecossistemas no planejamento ambiental vem ganhando a atenção de cientistas e formuladores de políticas como estratégia para buscar soluções sustentáveis, principalmente para a melhoria no gerenciamento de recursos hídricos (BERTULE *et al.*, 2014; WWAP, 2018; LAFORTEZZA; SANESI, 2019).

Segundo Rizvi, Baig e Verdone (2015), Cohen-Shacham *et al.* (2016) e FGV-EAESP (2017), tendo por princípios a proposição e a entrega de soluções custo-efetivas e de investimentos normalmente mais baixos, as SBN se caracterizam por:

- Possuírem como fundamentos as normas e princípios da conservação da natureza;
- Terem potencial para serem implementadas individualmente ou de forma integrada com soluções tecnológicas de engenharia;
- Serem determinadas por contextos naturais e culturais específicos do local,

que incluem conhecimentos tradicionais e científicos;

- Produzirem benefícios sociais de maneira justa e equitativa, promovendo transparência e ampla participação;
- Promoverem a manutenção da diversidade biológica e cultural, e a capacidade dos ecossistemas de evoluir ao longo do tempo;
- Serem aplicadas na escala local e de unidades de paisagem.

Dessa forma, a custo-efetividade das SBN está associada à produção de cobenefícios que justificam o custo de implementação das ações, que muitas vezes não são considerados em termos econômicos ou em longo prazo (VIANNA, 2010). À vista disso, o valor substancial dos cobenefícios pode ocasionar decisões de investimento que são favoráveis às SBN, quando comparadas às infraestruturas cinzas (de engenharia) (KEESSTRA *et al.*, 2018).

Como alternativa para alcançar os ODS estabelecidos pela ONU, as SBN vêm sendo propostas, a nível mundial, como mecanismo para a gestão integrada dos recursos hídricos, a fim de contribuir para reverter tendências de degradação ambiental dos ecossistemas, uma das principais causas dos problemas relacionados à água em todo o mundo (WWAP, 2018; ZHANG *et al.*, 2019; CALLIARI; STACCIONE; MYSIAK, 2019).

Nesse sentido, as SBN vêm se destacando por utilizar e reproduzir processos ecológicos conduzidos pela vegetação e pelos solos em florestas, pastagens, zonas úmidas, paisagens rurais e urbanas (NESSHÖVER *et al.*, 2017; RAYMOND *et al.*, 2017). A Figura 3 apresenta algumas SBN que desempenham função importante na circulação, no armazenamento e na autodepuração de poluentes lançados na água, podendo ser aplicadas em escalas micro (banheiros secos) ou macro (em nível de paisagem).

Figura 3 – Soluções Baseadas na Natureza



Fonte: Adaptado de WWAP (2018).

De acordo com o WWAP (2018), as SBN apresentam um alto potencial de contribuição para o alcance da maior parte das metas do ODS 6, o que se traduz em impactos positivos diretos e essenciais a outros objetivos e metas. Conseqüentemente, a água pode ser considerada um elemento integrador dos demais objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (SEIFOLLAHI-AGHMIUNI; NOCKRACH; KALANTARI, 2019).

Em relação às contribuições aos outros ODS, destacam-se: ODS 2, principalmente a Meta 2.4 (segurança hídrica para atender a agricultura sustentável); ODS 3 (vidas saudáveis); ODS 9 (construção de uma infraestrutura resiliente relacionada à água); ODS 11 (assentamentos urbanos sustentáveis e redução do risco de desastres); e ODS 13 (mudança climática). Os cobenefícios das SBN são significativos para os ODS relativos aos ecossistemas e ao meio ambiente, principalmente: ODS 14 (redução das pressões associadas ao uso do solo em áreas costeiras e oceanos) e ODS 15 (proteção dos ecossistemas e da biodiversidade) (FAIVRE *et al.*, 2017; WWAP, 2018).

3.2 Soluções Baseadas na Natureza e gestão sustentável de recursos hídricos

De acordo com o relatório do WWAP, os atuais mecanismos da gestão de recursos hídricos, como estações de tratamento de água e esgoto, adutoras, sistemas de distribuição, encanamentos, cisternas, canais, reservatórios, diques, transposições de rios, entre outros, não são suficientes para solucionar os problemas relacionados à água (WWAP, 2018). Tendo isso em vista, as SBN incluem as infraestruturas verdes que, por sua vez, podem substituir, incrementar ou atuar em conjunto com as tradicionais infraestruturas cinzas predominantes no atual modelo de gestão das águas (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; DAVIES; LAFORTEZZA, 2019).

As SBN essenciais para responder aos principais desafios contemporâneos relativos à gestão integrada de recursos hídricos podem ser classificadas em três categorias: i) SBN para melhorar a disponibilidade da água; ii) SBN para melhorar a qualidade da água; e iii) SBN para reduzir os riscos de eventos climáticos extremos relacionados à água (WWAP, 2018; ALBERT *et al.*, 2019;

ZHANG *et al.*, 2019). Os principais tipos de SBN encontrados na presente revisão de

literatura são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Soluções Baseadas na Natureza para a conservação e a gestão dos recursos hídricos

Tipos de SBN	Funções ecossistêmicas		
	Melhorar a disponibilidade hídrica	Melhorar a qualidade hídrica	Reduzir os riscos de eventos climáticos extremos
Reflorestamento e matas ciliares	X	X	X
SAFs e agricultura sustentável	X	X	
<i>Wetlands</i> naturais e planícies	X	X	X
<i>Wetlands</i> construídas		X	
Banheiros secos e FSB		X	
Espaços e construções verdes	X	X	X

Fonte: BERTULE *et al.* (2014); WWAP (2018)

Conforme ilustrado no Quadro 1, as SBN para melhorar a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas incluem a otimização e o restabelecimento de elementos do ciclo da água, através da precipitação, da infiltração e do armazenamento da água no solo, reduzindo o escoamento superficial (KRAUZE; WAGNER, 2019). Dessa forma, as SBN com aplicabilidade nas zonas rurais são o reflorestamento e as matas ciliares, os sistemas agroflorestais (SAFs) e a agricultura sustentável, as áreas úmidas (*wetlands* naturais) e as planícies de inundação. Nas áreas urbanas, destacam-se os espaços verdes (parques urbanos) e as construções verdes (telhados e bacias de infiltração) (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

As atividades de reflorestamento, implementação de matas ciliares, SAFs e agricultura sustentável estão focadas na reabilitação e na conservação dos serviços ecossistêmicos, de modo a retardar o escoamento superficial e a erosão, favorecendo maiores taxas de infiltração (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018; MOUSTAKAS; DALIAKOPOULOS;

BENTON, 2019). Assim, a vegetação exerce papel fundamental na regulação da quantidade da água, possibilita a polinização de sistemas agrícolas próximos e contribui para a preservação da biodiversidade (BERTULE *et al.*, 2014).

As *wetlands* naturais e as planícies de inundação armazenam grande quantidade de água nos ecossistemas, protegem ambientes estuarinos, melhoram a umidade do solo e permitem uma recarga mais eficiente das águas subterrâneas, podendo ser, inclusive, mais sustentáveis e custo-efetivas do que as infraestruturas cinzas, ao mesmo tempo em que oferecem uma ampla variedade de benefícios socioeconômicos (THORSLUND *et al.*, 2017; FERNANDES; GUIOMAR, 2018).

Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração podem controlar e reduzir o escoamento das águas pluviais em centros urbanos, sendo mais eficientes quando combinados aos sistemas de drenagem ou a superfícies permeáveis (XING; JONES; DONNISON, 2017; KRAUZE; WAGNER, 2019). Além disso, podem criar novos ecossistemas, apoiando a resiliência urbana e

influenciando positivamente a biodiversidade local (KABISCH *et al.*, 2016).

O Quadro 1 também revela que todas as SBN identificadas na pesquisa exercem função importante na melhoria da qualidade da água. Além das SBN mencionadas anteriormente, destacam-se as *wetlands* construídas, os banheiros secos e as fossas sépticas biodigestoras (FSB) (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

A proteção de bacias hidrográficas, através do reflorestamento e das faixas de matas ciliares, regula a qualidade da água por meio da estabilização das margens, da redução da erosão e do assoreamento, da redução da carga de sedimentos vindos das encostas, da captura e retenção de poluentes e da ciclagem de nutrientes (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Essas SBN podem reduzir os gastos com o tratamento de água para abastecimento urbano e contribuir para um melhor acesso a água potável em comunidades rurais (WWAP, 2018).

Os SAFs e a agricultura sustentável, por sua vez, incorporam práticas conservacionistas que possuem a capacidade de equilibrar a concentração de nutrientes dos solos, diminuindo a demanda por fertilizantes e reduzindo o escoamento superficial de substâncias responsáveis pela eutrofização de corpos hídricos superficiais e subterrâneos (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018).

O manejo adequado de *wetlands* naturais e planícies de inundação é capaz de reduzir a poluição proveniente do escoamento superficial e auxiliar significativamente no tratamento das águas residuais nos centros urbanos (THORSLUND *et al.*, 2017; ALBERT *et al.*, 2019). Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração também podem reter poluentes do escoamento das águas pluviais, facilitando a infiltração da água (XING; JONES; DONNISON, 2017; LAFORTEZZA *et al.*, 2018).

Já as *wetlands* construídas são estruturas artificiais custo-efetivas que simulam processos hidrológicos de *wetlands* naturais, através de raízes de macrófitas aquáticas que têm a

capacidade de biodegradação e imobilização de uma série de poluentes (FERNANDES; GUIOMAR, 2018; KRAUZE; WAGNER, 2019). Dessa forma, apresentam-se como complemento ou substitutas para as estações de tratamento de efluentes domésticos convencionais, fornecendo efluentes de qualidade adequada para vários usos que não sejam o consumo humano, com desempenho superior ao das infraestruturas cinzas, excetuando-se o tratamento de efluentes industriais, dependendo da carga e do tipo de poluente (BERTULE *et al.*, 2014; WWAP, 2018).

Os banheiros secos são estruturas compostas pela bacia sanitária sem descarga e com uma câmara para armazenamento, desidratação e compostagem das fezes, urina e material secante (FUNASA, 2018). Essas SBN podem ser implementadas com o intuito de evitar o lançamento de dejetos *in natura* nas redes de drenagem pluvial ou em rios (WWAP, 2018). Alternativamente, as FSB são constituídas por três caixas coletoras enterradas no solo e interligadas por tubos. É necessário realizar a manutenção do sistema através da adição de uma mistura de água e esterco bovino, que fornece as bactérias que estimulam a biodigestão dos dejetos (FUNASA, 2018). Após o processo de tratamento, o efluente gerado pode ser utilizado no solo como biofertilizante para fins relacionados à agricultura (EMBRAPA, 2014).

No tocante à redução de riscos de eventos climáticos extremos relacionados à água, destacam-se as *wetlands* naturais e as planícies de inundação, as matas ciliares, os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018). É importante destacar que, para reduzir os efeitos dos períodos de escassez hídrica, empregam-se basicamente as mesmas SBN associadas às funções de disponibilidade hídrica, cujo objetivo é melhorar a capacidade de armazenamento de água nas paisagens, solos e lençóis freáticos (WWAP, 2018; KEESSTRA *et al.*, 2018).

As *wetlands* naturais e as planícies de inundação são capazes de armazenar grandes quantidades de água e liberá-las lentamente,

desempenhando papel importante na regulação natural da água durante períodos de secas e inundações (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; NESSHÖVER *et al.*, 2017). Da mesma forma, contribuem para a prevenção de enchentes, retardando a velocidade do escoamento superficial e convergindo as águas para suas várzeas (GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018). As matas ciliares também absorvem o excesso de água, contribuindo para a redução de danos causados pelas inundações a jusante (ALBERT *et al.*, 2019). Todas as SBN descritas possuem como característica comum a capacidade de interceptar a água da chuva, bem como de aprisionar os sedimentos por meio da vegetação e, portanto, mitigam os riscos durante um evento de precipitação intensa (BERTULE *et al.*, 2014; NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Entretanto, as infraestruturas cinzas empregadas em bacias hidrográficas, tais como diques e represas, são amplamente utilizadas em todo o mundo como medidas estruturais de proteção contra eventos hidrológicos extremos, mesmo fornecendo proteção incompleta (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018). Por outro lado, medidas não estruturais, como *wetlands* naturais, planícies de inundação e matas ciliares, ainda são limitadas em extensão ou inexistentes devido ao fato de serem mal manejadas ou, até mesmo, aterradas em áreas urbanas (GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018).

Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração possuem função peculiar na redução do risco de inundações nas cidades, através da redução do fluxo de escoamento superficial e do armazenamento das águas pluviais no solo (XING; JONES; DONNISON, 2017; LAFORTEZZA *et al.*, 2018; ZWIERZCHOWSKA *et al.*, 2019). Os cobenefícios adicionais dessas SBN incluem o seu valor estético com impacto positivo na saúde e no bem-estar humano, o combate às ilhas de calor, a economia de energia, a redução de poluentes atmosféricos, a melhoria na qualidade do ar, a mitigação nas mudanças climáticas, a redução da poluição sonora e a conservação da biodiversidade local (KABISCH *et al.*, 2016;

BOSCH; SANG, 2017; ZWIERZCHOWSKA *et al.*, 2019).

Segundo o WWAP (2018), as SBN representam menos de 1% do investimento total em infraestrutura para a gestão dos recursos hídricos no mundo. A ONU afirma que o potencial de emprego das SBN encontra-se subutilizado face ao predomínio das tecnologias cinzas e que há a necessidade de aumentar a eficiência e reduzir os custos de implementação de soluções, adotando combinações entre as infraestruturas verdes e cinzas (WWAP, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). Postula, ainda, que a segurança hídrica sustentável não será alcançada sem que sejam aplicadas soluções inovadoras e que as SBN são um meio essencial de ir além das abordagens convencionais, incorporando a natureza na tomada de decisões (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018; GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018).

Consequentemente, o desenvolvimento e a aplicação das SBN se tornam um desafio em todos os setores e nos âmbitos mundial, regional e local, principalmente em razão da inércia histórica associada ao predomínio contínuo das infraestruturas cinzas nos códigos e normas de construção (DAVIES; LAFORTEZZA, 2019; ZHANG *et al.*, 2019). Além disso, existe a necessidade de uma melhor compreensão, por parte dos formuladores de políticas nacionais, sobre como as SBN podem oferecer benefícios no contexto da gestão das águas, ou mesmo sobre como utilizá-las em conjunto com as tecnologias cinzas (WWAP, 2018; DAVIES; LAFORTEZZA, 2019). Isso pode ser agravado pela falta de iniciativas em pesquisa e desenvolvimento em termos de experiências atuais com o uso de SBN (LAFORTEZZA; SANESI, 2019), principalmente relacionadas ao seu desempenho hidrológico, assim como de análises de custo-benefício, em comparação ou quando integradas às soluções cinzas (FAIVRE *et al.*, 2017; ALBERT *et al.*, 2019).

A implementação de uma SBN pode exigir a cooperação entre as várias instituições interessadas, o que representa um desafio (RAYMOND *et al.*, 2017; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Entretanto, o seu

desenvolvimento e aplicação não necessariamente envolvem recursos financeiros adicionais, somente o redirecionamento ou o uso mais efetivo dos financiamentos já existentes (WWAP, 2018). Dessa maneira, esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) podem oferecer incentivos monetários e não monetários para comunidades, fazendeiros e proprietários rurais para que protejam, restaurem e conservem os ecossistemas naturais e adotem práticas conservacionistas (GRIMA *et al.*, 2016; NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Apesar dos desafios relativos à implementação, as ações integradas de preservação, conservação e recuperação ambiental geram benefícios para os usuários de água a jusante, na regulação hídrica, no controle de erosão, de sedimentos e de inundações (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018). Portanto, contribuem na redução de custos de manutenção dos equipamentos e no tratamento da água, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais e melhoria nas condições socioambientais (WWAP, 2018).

4 Conclusões

O aumento no número de artigos publicados sobre o tema SBN, ao longo dos últimos cinco anos, confirma uma evolução no que diz respeito ao interesse em pesquisas no âmbito da gestão ecossistêmica, com vistas ao manejo sustentável dos recursos naturais.

A revisão de literatura demonstra que, apesar do desafio de superação do predomínio de tecnologias cinzas nas atuais intervenções ambientais, as SBN estão mais alinhadas aos ODS da Agenda 2030 da ONU e oferecem oportunidades para além das abordagens convencionais relativas à gestão de recursos hídricos. Dessa forma, tais práticas podem proporcionar cobenefícios em relação à conservação e à gestão integrada das águas, principalmente no tocante ao aumento da disponibilidade e à melhoria da qualidade hídrica, ao mesmo tempo reduzindo os riscos de eventos climáticos extremos.

Ressalta-se, ainda, a necessidade de empregar estratégias transformadoras que reconheçam os papéis dos ecossistemas na prestação de serviços relativos à gestão das águas e de que isso se traduza em políticas aplicáveis em termos práticos, sobretudo em âmbito local. De maneira a melhorar a oferta de serviços ecossistêmicos, as SBN podem estimular práticas conservacionistas via PSA, como opção inovadora de financiamento.

Além disso, uma vez que a implementação de medidas estruturais representa elevação nos custos das intervenções, as SBN podem atuar de forma a complementar as soluções cinzas, reduzindo os gastos e aumentando o desempenho de todo o sistema. Sendo assim, torna-se essencial promover o conceito de SBN em todos os setores da sociedade, a fim de potencializar o seu uso como estratégia fundamental nas tomadas de decisão relativas à gestão integrada dos recursos hídricos brasileiros.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, C.; SCHRÖTER, B.; HAASE, D.; BRILLINGER, M.; HENZE, J.; HERRMANN, S.; GOTTWALD, S.; GUERRERO, P.; NICOLAS, C.; MATZDORF, B. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?. **Landscape and Urban Planning**, v. 182, p. 12-21, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618310715>. Acesso em: 21 out. 2019.
- BERTULE, M.; LLOYD, G. J.; KORSGAARD, L.; DALTON, J.; WELLING, R.; BARCHIESI, S.; SMITH, M.; OPPERMAN, J.; GRAY, E.; GARTNER, T.; MULLIGAN, J. **Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects**. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2014. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-026.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.

BOSCH, M. V. D.; SANG, O. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews. **Environmental Research**, v. 158, p. 373-384, 2017.

DOI: 10.1016/j.envres.2017.05.040. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0013935117310241>. Acesso em: 21 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470-474, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 21 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília, DF: SNS/MDR, 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

CAIADO, R.; OSVALDO, L. G. Q.; LEAL FILHO, W.; NASCIMENTO, D. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 1276-1288, 2018.

DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.102. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618320754?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

CALLIARI, E.; STACCIONE, A.; MYSLAK, J. An assessment framework for climate-proof nature-based solutions. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 691-700, 2019.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.341.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/scien>

<ce/article/pii/S0048969718346977?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (ed.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. p. 1-114. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

COSTANZA, R.; ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; NEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

DOI: 10.1038/387253a0. Disponível em: <https://www-nature.ez135.periodicos.capes.gov.br/articles/387253a0.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

DAVIDSON-HUNT, L. J.; TURNER, K. L.; MEAD, A. T. P.; CABRERA-LOPEZ, J.; BOLTON, R.; IDROBO, C. J.; MIRETSKI, I.; MORRISON, A.; ROBSON, J. P. Biocultural design: a new conceptual framework for sustainable development in rural indigenous and local communities. **SAPIENS. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society**, v. 5, n. 2, 2012. ISSN: 19933800. Disponível em: <https://journals.openedition.org/sapiens/1382>. Acesso em: 21 set. 2019.

DAVIES, C.; LAFORTEZZA, R. Transitional path to the adoption of nature-based solutions. **Land Use Policy**, v. 80, p. 406-409, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.09.020. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S026483771830872X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M.; BOUMANS, R. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and

services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921800902000897?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa**: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Brasília, DF: Embrapa, 2014. ISBN: 978-85-7035-397-9. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116734/1/Cnpgl-2014-Cartilha-Fossa-Septica-completa.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.

FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJNE, S. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. **Environmental Research**, v. 159, p. 509-518, 2017. DOI: 10.1016/j.envres.2017.08.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0013935117316080>. Acesso em: 21 out. 2019.

FERNANDES, J. P.; GUIOMAR, N. Nature-based solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 6, p. 1925-1939, 2018. DOI: 10.1002/ldr.2935. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez135.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1002/ldr.2935>. Acesso em: 21 out. 2019.

FGV-EAESP – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Soluções Baseadas na Natureza. **Revista Página22**, São Paulo: FGV-EAESP, dez. 2017. Disponível em: http://www.p22on.com.br/wp-content/uploads/2017/12/P22ON_DEZEMBRO-2017-edfinal.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

FINK, H. S. Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 254, 2016. DOI: 10.3390/su8030254. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2071-1050/8/3/254/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **CataloSan**: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento – gestão de efluentes domésticos. Campo Grande: UFMS, 2018. ISBN: 978-85-63202-07-9. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/39040/CATALOSAN.pdf/ab32c6fc-c7ee-406f-b2cd-7eba51467453>. Acesso em: 21 out. 2019.

GRIMA, N.; SIMRON, S. J.; SMETSCHKA, B.; RINGHOFERET, L. Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 24-32, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoser.2015.11.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041615300607>. Acesso em: 21 set. 2019.

GUERRERO, P.; HAASE, D.; ALBERT, C. Locating spatial opportunities for nature-based solutions: a river landscape application. **Water**, v. 10, n. 12, p. 1869, 2018. DOI: 10.3390/w10121869. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/12/1869/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

IMPERIAL, M. T. Institutional analysis and ecosystem-based management: the institutional analysis and development framework. **Environmental Management**, v. 24, n. 4, p. 449-465, 1999. DOI: 10.1007/s002679900246. Disponível em: <https://link-springer-com.ez135.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1007/s002679900246.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS**: ODS 6 – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190524_cadernos_ODS_objetivo_6.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN programme 2013-2016** – Adopted by the IUCN World Conservation Congress. Gland, Switzerland: IUCN, 2012. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCC-5th-003.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

KABISCH, N.; FRANTZESKAKI, N.; PAULEIT, S.; NAUMANN, S.; DAVIS, M.; ARTMANN, M.; HAASE, D.; KNAPP, S.; KORN, H.; STADLER, J.; ZAUNBERGER, K.; BONN, A. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. **Ecology and Society**, v. 21, n. 2, p. 39, 2016. DOI: 10.5751/ES-08373-210239. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>. Acesso em: 21 out. 2019.

KEESSTRA, S.; NUNES, J.; NOVARA, A.; FINGER, D.; AVELAR, D.; KALANTARI, Z.; CERDÀ, A. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, pp. 997-1009, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.077. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969717320752?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

KRAUZE, K.; WAGNER, I. From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions – Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 697-706, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.187. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S004896971834542X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

LAFORTEZZA, R.; CHEN, J.; BOSCH, C. K. V. D.; RANDRUP, T. B. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, v. 165, p. 431-441, 2018. DOI: 10.1016/j.envres.2017.11.038.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0013935117317115>. Acesso em: 21 out. 2019.

LAFORTEZZA, R.; SANESI, G. Nature-based solutions: Settling the issue of sustainable urbanization. **Environmental Research**, v. 172, p. 394-398, 2019. DOI: 10.1016/j.envres.2018.12.063. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0013935118306984>. Acesso em: 21 out. 2019.

LUKAC, M. Introduction: The role of soil biodiversity in ecosystem productivity and resilience. *In*: LUKAC, M.; GRENNI, P.; GAMBONI, M. (ed.). **Soil Biological Communities and Ecosystem Resilience**. Cham, Switzerland: Springer, 2017. p. 1-7. DOI: 10.1007/978-3-319-63336-7_1. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-63336-7_1. Acesso em: 21 set. 2019.

MAES, J.; JACOBS, S. Nature-based solutions for Europe's sustainable development. **Conservation Letters**, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2017. DOI: 10.1111/conl.12216. Disponível em: <https://conbio-onlinelibrary-wiley.ez135.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/conl.12216>. Acesso em: 21 out. 2019.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARZEC, R. P. Securing the future in the anthropocene: A critical analysis of the millennium ecosystem assessment scenarios. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 6, n. 1, p. 42, 2018. DOI: 10.1525/elementa.294. Disponível em: <https://www.elementascience.org/article/10.1525/elementa.294/>. Acesso em: 21 set. 2019.

MOUSTAKAS, A.; DALIAKOPOULOS, I. N.; BENTON, T. G. Data-driven competitive

facilitative tree interactions and their implications on nature-based solutions. **Science of the Total Environment**, v. 651, parte 2, p. 2269-2280, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.349.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S004896971833818X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; JONES-WALTERS, L.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KÜLVIK, M.; REY, F.; VAN DIJK, J.; VISTAD, O. I.; WILKINSON, M. E.; WITTMER, H. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969716325578?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017.

DOI: 10.1016/j.envsci.2017.07.008. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901117306317?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

RIZVI, A. R.; BAIG, S.; VERDONE, M. **Ecosystems based adaptation: knowledge gaps in making an economic case for investing in nature based solutions for climate change**. Gland, Switzerland: IUCN, 2015. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2015-008.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

ROVA, S.; PRANOVI, F. Analysis and management of multiple ecosystem services

within a social-ecological context. **Ecological indicators**, v. 72, p. 436-443, 2017.

DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.07.050. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1470160X16304587?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

SCHÄFER, R. B. Biodiversity, ecosystem functions and services in environmental risk assessment: Introduction to the special issue. **Science of the Total Environment**, v. 415, p. 1-2, 2012.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.08.012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969711008369?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2019.

SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; NOCKRACH, M.; KALANTARI, Z. The potential of wetlands in achieving the sustainable development goals of the 2030 Agenda. **Water**, v. 11, n. 3, p. 609, 2019. DOI: 10.3390/w11030609. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/609/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

STÖBERL, A. P. M.; DIAZ, L. T.; GADDA, T. M. C.; VELLOZO, L. D. Trajetória do conceito Soluções Baseadas na Natureza e a relação com o Brasil: uma análise bibliográfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2019. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capa.pdf.php?reqid=1304>. Acesso em: 21 set. 2019.

THORSLUND, J.; JARSJÖ, J.; JARAMILLO, F.; JAWITZ, J. W.; MANZONI, S.; BASU, N. B.; CHALOV, S. R.; COHEN, M. J.; CREED, I. F.; GOLDENBERG, R.; HYLIN, A.; KALANTARI, Z.; KOUSSIS, A. D.; LYON, S. W.; MAZI, K.; MARD, J.; PERSSON, K.; PIETRON, J.; PRIETO, C.; QUIN, A.; VAN METER, K.; DESTOUNI, G. Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and

management. **Ecological Engineering**, v. 108, parte B, p. 489-497, 2017. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.07.012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925857417304093?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>. Acesso em: 21 set. 2019.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

UN – UNITED NATIONS. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. General Assembly 70th session. New York: UN, 2015a. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

UN – UNITED NATIONS. Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). **Adoption of the Paris agreement**. Geneva: United Nations Office, 2015b. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

VIANNA, D. Há relação entre custo-efetividade de acordo com diferentes metas? **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 17, n. 3, p. 182-185, 2010. Disponível em: <http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/17-3/12-relacao.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

WWAP – UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. ISBN: 978-92-3-100264-9. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 21 set. 2019.

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 149, 2017. DOI: 10.3390/su9010149. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

ZHANG, J.; ZHANG, C.; SHI, W.; FU, Y. Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions. **Journal of Hydrology**, v. 568, p. 96-107, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.059. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0022169418308308?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2019.

ZWIERZCHOWSKA, I.; FAGIEWICZ, K.; PONIZY, L.; LUPA, P.; MIZGAJSKI, A. Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań. **Land Use Policy**, v. 85, p. 161-175, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.03.025. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0264837718313383?via%3Dihub>.

APÊNDICE

Apêndice A – Artigos científicos utilizados na revisão de literatura

Referências	Título	Revista
Albert <i>et al.</i> (2019)	Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?	Landscape and Urban Planning
Bosch e Sang (2017)	Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews	Environmental Research
Calliari; Staccione; Mysiak (2019)	An assessment framework for climate-proof nature-based solutions	Science of the Total Environment
Davies e Laforteza (2019)	Transitional path to the adoption of nature-based solutions	Land Use Policy
Faivre <i>et al.</i> (2017)	Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges	Environmental Research
Fernandes e Guiomar (2018)	Nature-based solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits	Land Degradation & Development
Fink (2016)	Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability	Sustainability
Guerrero; Haase; Albert (2018)	Locating spatial opportunities for Nature-Based Solutions: A river landscape application	Water
Kabisch <i>et al.</i> (2016)	Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: Perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action	Ecology and Society
Keesstra <i>et al.</i> (2018)	The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services	Science of the Total Environment
Krauze e Wagner (2019)	From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions – Contextualizing nature-based solutions for sustainable city	Science of the Total Environment
Laforteza e Sanesi (2019)	Nature-based solutions: Settling the issue of sustainable urbanization	Environmental Research
Laforteza <i>et al.</i> (2018)	Nature-based solutions for resilient landscapes and cities	Environmental Research
Maes e Jacobs (2017)	Nature-based solutions for Europe's sustainable development	Conservation Letters
Moustakas; Daliakopoulos; Benton (2019)	Data-driven competitive facilitative tree interactions and their implications on nature-based solutions	Science of the Total Environment
Nesshöver <i>et al.</i> (2017)	The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective	Science of the Total Environment
Raymond <i>et al.</i> (2017)	A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas	Environmental Science & Policy

Thorslund <i>et al.</i> (2017)	Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management	Ecological Engineering
Xing; Jones; Donnison (2017)	Characterisation of nature-based solutions for the built environment	Sustainability
Zhang <i>et al.</i> (2019)	Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions	Journal of Hydrology
Zwierzchowska <i>et al.</i> (2019)	Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań	Land Use Policy

Fonte: Dados da pesquisa

ARTIGO CIENTÍFICO 2

ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS: O CASO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA IX DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

*COMPARATIVE EVALUATION NATURE-BASED SOLUTIONS FOR WATER
RESOURCE MANAGEMENT: THE CASE OF THE HYDROGRAPHIC REGION IX IN
RIO DE JANEIRO STATE*

Nilson Coutinho Gomes Néto - IFFluminense/PPEA

Maria Inês Paes Ferreira - IFFluminense/PPEA

RESUMO

Uma das principais causas dos problemas relacionados à água diz respeito à degradação ambiental de bacias hidrográficas. Visando a reversão desse quadro, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) vêm sendo propostas como abordagem de aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Com foco no ODS 6, objetivou-se analisar iniciativas relacionadas à SbN existentes na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX), hierarquizando-as a partir de uma metodologia de análise comparativa de SbN, desenvolvida para escala regional e aplicada em nível de bacias hidrográficas. A RH IX compreende 22 municípios situados nas regiões norte e noroeste fluminense, abrangendo uma grande quantidade de corpos hídricos associados às diversas lagoas, rios e canais artificiais. Os resultados demonstraram que, com exceção das medidas de conservação florestal, a aplicação de SbN ainda é limitada na RH IX. Contudo, constataram-se experiências bem-sucedidas e inovadoras com o uso de SbN. Evidenciou-se que as SbN são uma abordagem adequada para promover a gestão integrada de recursos hídricos na RH IX e o progresso regional de alcance ao ODS 6. Os principais resultados da pesquisa de percepção ambiental sugerem que as ações de gestão por meio de SbN são aplicáveis e relevantes para o enfrentamento de desafios hídricos na RH IX. Espera-se, assim, que a metodologia desenvolvida seja capaz de estimular o surgimento e o fortalecimento de

novas iniciativas a partir de Sbn, não só na RH IX, mas em todas as regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Revitalização de bacias hidrográficas. Segurança hídrica. Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

ABSTRACT

One of the main causes of water-related problems is the environmental degradation of watersheds. Looking for reversing this situation, Nature-Based Solutions (NbS) have been proposed as an approach for improving water resources management to achieve the Sustainable Development Goals (SDG) from the United Nations (UN) Agenda 2030. Focusing on SDG 6, the objective of the present work was to analyze initiatives related to NbS existing in Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana Hydrographic Region (HR IX), ranking them based on a comparative NbS analysis methodology developed for a regional scale and applied at the watersheds level. The HR IX comprises 22 municipalities located in the north and northwest regions of Rio de Janeiro covering a large number of water resources associated to the various lagoons, rivers and artificial channels. The results showed that excepting the forest conservation measures, the application of NbS in HR IX is still limited. However, successful and innovative experiences have been found by the use of NbS. It became evident that the NbS are an appropriate approach to promote integrated water resource management in HR IX and the regional progress in reaching the SDG 6. The main results of the environmental perception survey suggest that management actions through NbS are applicable and relevant for facing water challenges in HR IX. Thus, it is expected that the methodology developed will be able to stimulate the emergence and strengthening of new initiatives based on NbS not only in HR IX, but in all hydrographic regions in Rio de Janeiro State.

Keywords: Revitalization of watersheds. Water security. Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana.

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais causas dos problemas relativos à água no mundo está relacionada à degradação ambiental dos ecossistemas de bacias hidrográficas (WWAP, 2018; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2019). Visando a ensejar a reversão desse quadro de degradação, ao reconhecer o direito humano à água potável e ao saneamento, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável que estabeleceu, entre outros, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) – Assegurar a disponibilidade quali-quantitativa e a gestão sustentável da água e o acesso ao saneamento para todas e todos (UN, 2015; IPEA, 2019).

Entre as metas do ODS 6, a meta 6.5 estabelece a implementação da gestão integrada de recursos hídricos em todos os níveis de governo e a meta 6.6 estabelece a proteção e a restauração de ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos (UN, 2015). Outro marco importante foi a declaração da Assembleia Geral da ONU, que instituiu o período de 2021 a 2030 como a década da restauração de ecossistemas (UN, 2019), alinhando-se, assim, à década de implementação das ações para o cumprimento do ODS 6.

Nesse contexto, a adoção de Soluções baseadas na Natureza (SbN) – ou *Nature-based Solutions* (NbS) – vem sendo proposta como abordagem para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos visando ao alcance do ODS 6 (WWAP, 2018; ALBERT *et al.*, 2019; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2019; SHIAO *et al.*, 2020). As SbN são intervenções ambientais inspiradas, apoiadas e desenvolvidas com base na natureza, que utilizam processos ecológicos em ecossistemas naturais ou reproduzem tais processos em ecossistemas modificados ou artificiais (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018), proporcionando cobenefícios ambientais, sociais e econômicos (RAYMOND *et al.*, 2017a).

As principais tipologias de SbN aplicadas à gestão de recursos hídricos envolvem a revitalização de bacias hidrográficas visando à melhoria na disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os usos múltiplos e à redução de riscos de eventos climáticos extremos (KEESSTRA *et al.*, 2018; BLAU; LUZ; PANAGOPOULOS, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). Entre as SbN, destacam-se a conservação florestal; restauração ecológica; matas ciliares; sistemas agroflorestais (SAFs); agricultura sustentável; infraestruturas verdes urbanas; *wetlands* construídas; o

manejo sustentável de áreas úmidas; e a reconexão entre rios e planícies de inundação (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018; GOMES NÉTO *et al.*, 2020; SHIAO *et al.*, 2020).

Ressalta-se que, no cenário de estudo, a Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX) é a mais desflorestada do Estado do Rio de Janeiro, com cerca de 13% do território constituído por formações florestais nativas, sendo a cobertura vegetal predominante composta por pastagem e agricultura (PROFILL, 2020). Quanto ao esgotamento sanitário, cerca de 78% da população da RH IX é atendida com os serviços de esgoto, porém apenas 53% do esgoto recolhido recebe tratamento adequado (SNIS, 2018).

Diante do exposto, considerando o ODS 6 como um fator de indução de SbN voltado para o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário, e o papel fundamental dos Comitês de Bacias Hidrográficas na deliberação de decisões que zelam pela quantidade e qualidade das águas, objetivou-se analisar iniciativas relacionadas à Soluções baseadas na Natureza existentes na Região Hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro, hierarquizando-as a partir de uma metodologia de análise comparativa de SbN desenvolvida para escala regional e aplicada em nível de bacias hidrográficas.

Busca-se, assim, identificar e difundir iniciativas (programas, projetos e ações) regionais para estimular o surgimento e o fortalecimento de novas iniciativas com SbN, visando à promoção da gestão integrada de recursos hídricos e ao progresso regional em direção ao ODS 6. É esperado que a metodologia desenvolvida estimule a priorização e seleção de projetos práticos envolvendo SbN, servindo como referência para análise e hierarquização de novas iniciativas na RH IX.

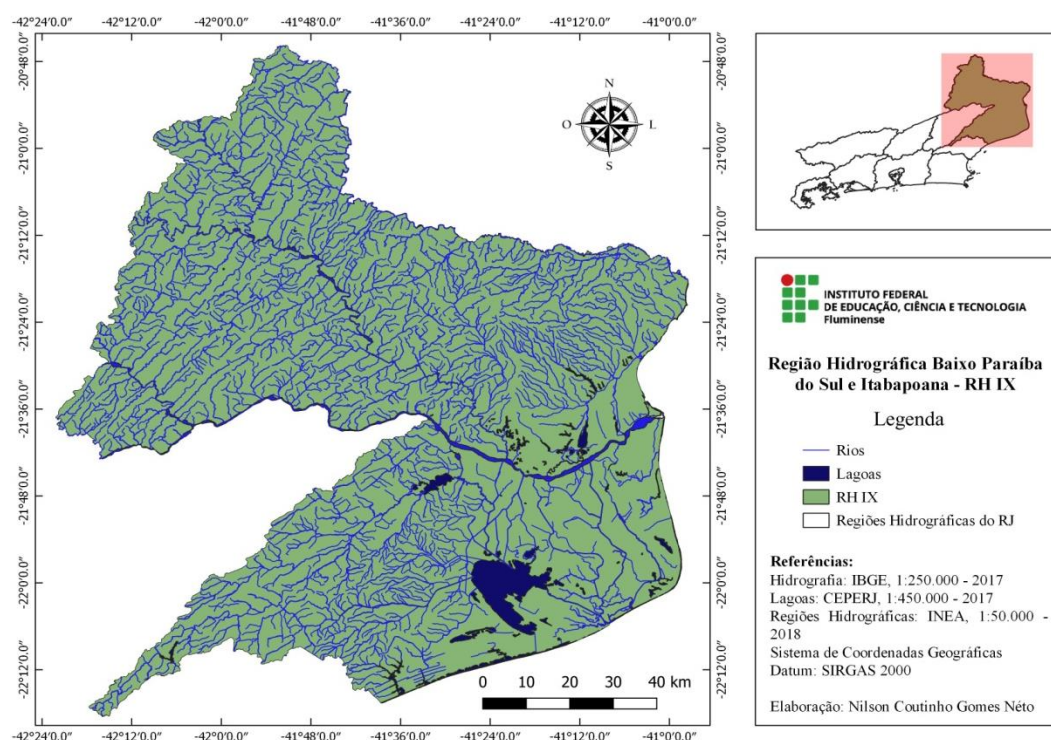
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A RH IX é a maior Região Hidrográfica em abrangência territorial e a mais complexa do Estado do Rio de Janeiro, possuindo uma área total de 13.466,9 km² (TOTTI; SOFFIATI, 2014; INEA, 2018). O território da RH IX corresponde à área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-

BPSI), que compreende 22 municípios situados nas regiões norte e noroeste fluminense (Figura 1), sendo a população estimada em 889.279 mil habitantes (CBH-BPSI, 2020).

Figura 1 – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH IX)



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez que as regiões hidrográficas transcendem a divisão político-administrativa dos municípios, a RH IX abrange integralmente os municípios de Quissamã, São João da Barra, Cardoso Moreira, Italva, Cambuci, Itaperuna, São José de Ubá, Aperibé, Santo Antônio de Pádua, Natividade, Miracema, Laje do Muriaé, Bom Jesus do Itabapoana, São Francisco de Itabapoana, Porciúncula e Varre-Sai. Também inclui parcialmente os municípios de Trajano de Moraes, Conceição de Macabu, Carapebus, Santa Maria Madalena, Campos dos Goytacazes e São Fidélis (RIO DE JANEIRO, 2013).

O CBH-BPSI tem como objetivo promover a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos das seguintes sub-bacias hidrográficas que compõem a RH IX: Paraíba do Sul, Feia, Macabu, Imbé, Preto, Carapebus, Campelo, Muriaé, Pomba, Pirapetinga, Guaxindiba, Baixa do Arroz e Itabapoana (CBH-BPSI, 2020).

Essa região é caracterizada por apresentar diferentes paisagens formadas por serras, colinas, tabuleiros e planícies. Do interior para a costa, também se encontra uma diversidade de formações florestais nativas do bioma Mata Atlântica, como: campos de

altitude; florestas ombrófilas densas atlânticas montana, submontana e aluvial; floresta estacional semidecidual; formações psamófilas costeiras (herbáceas, arbustivas e arbóreas); e manguezais (TOTTI; SOFFIATI, 2014).

As principais atividades de importância econômica desse território estão associadas à existência da agroindústria sucroalcooleira, à produção de cultivos agrícolas intensivos, como o café e a fruticultura, e à pecuária (SOUZA *et al.*, 2009). À vista disso, o avanço do desmatamento, para dar espaço às atividades agropecuárias, traduz-se em um cenário crítico em termos de distribuição percentual de florestas nativas nos municípios situados na RH IX (AGEVAP, 2018; INEA, 2018).

Além de abrigar a foz do próprio rio Paraíba do Sul, nessa região hidrográfica estão inseridos outros rios importantes de dominialidade Federal, como o Pomba e o Muriaé (CBH-BPSI, 2020), principais afluentes contribuintes das águas da RH IX. Também é observada uma grande quantidade de corpos hídricos associados às diversas lagoas, como a Feia (maior lagoa costeira de água doce do Brasil), de Cima, do Campelo, e lagunas, assim como uma complexa malha de rios, córregos e canais artificiais, em diferentes estados de conservação (SOFFIATI, 2013).

A RH IX possui um complexo e extenso sistema de canais artificiais, totalizando 1.300 km, construído pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS). O propósito do projeto era evitar a proliferação de doenças de veiculação hídrica, através da drenagem de lagoas e áreas úmidas, e consolidar as culturas de sequeiro, como a cana de açúcar e a fruticultura (CARNEIRO, 2004). Para tanto, os principais problemas relacionados aos recursos hídricos da região incluem a insuficiência de manutenção de canais, comportas e estruturas hidráulicas (TOTTI; SOFFIATI, 2014), do tratamento de esgotos sanitários e a falta de matas ciliares, o que caracteriza a fragilidade ambiental do território.

Historicamente, a RH IX está vulnerável aos eventos climáticos extremos, como secas e inundações (COPPETEC, 2014). Em situação de escassez hídrica e redução das vazões afluentes, diversos trechos do baixo curso do rio Paraíba do Sul são afetados pelo assoreamento (MARQUES; RODRIGUEZ, 2019), bem como a foz sofre com o fenômeno de intrusão salina, podendo atingir até mais de 6 km a montante da linha costeira (BARROSO; SILVA; OLIVEIRA, 2019). Eventualmente, o avanço da intrusão salina alcança e/ou ultrapassa a estação de tratamento de água (ETA) de São João da

Barra, causando interrupções no abastecimento humano (COSTA *et al.*, 2015), além de prejuízos à agropecuária local.

2.2. Dados

O presente trabalho adotou o estudo de caso múltiplo como estratégia de pesquisa (YIN, 2015), tendo como unidade de análise a RH IX do Estado do Rio de Janeiro. Nesta pesquisa, entende-se como iniciativa qualquer programa, projeto ou ação que contemple medidas de SbN que contribuam para manutenção, reabilitação e/ou aumento da provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à água.

Para o levantamento de iniciativas (propostas, em execução e concluídas) envolvendo a aplicação de SbN em nível de bacias hidrográficas, foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-BPSI), pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), pela Estação Estadual Ecológica de Guaxindiba (EEEG), pela Reserva Particular do Patrimônio Natural Caruara (RPPN Caruara) e pela Unidade de Estudos Costeiros da Universidade Federal Fluminense (GeoCosteira/UFF).

De forma a complementar os dados secundários coletados e a contribuir para um melhor diagnóstico do território em estudo, a observação participante em reuniões do CBH-BPSI, incursões de campo na RH IX e uma pesquisa de percepção ambiental (MELAZO, 2005) foram empregadas para obtenção de dados primários. A pesquisa de percepção ambiental foi realizada por meio da aplicação de questionários semiestruturados aos membros do CBH-BPSI, composto por 30 membros titulares (representantes do poder público, da sociedade civil e de usuários de água).

Uma vez que nem todos os membros do CBH-BPSI estavam presentes nas reuniões ordinárias às quais os questionários foram aplicados, de forma a aumentar o tamanho amostral, optou-se por recorrer adicionalmente à Superintendência Regional Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (Supbap) do INEA. Trata-se, também, de um órgão gestor atuante no âmbito da Política Estadual de Recursos Hídricos. Ressalta-se que, antes da aplicação de cada questionário, foi apresentado a todos os respondentes o conceito de SbN, bem como as diferentes tipologias empregadas no contexto de uma bacia hidrográfica. Dessa forma, foram aplicados 17 questionários aos membros do

CBH-BPSI e nove aos informantes-chave da Supbap/INEA, totalizando 26 questionários.

2.3. Metodologia de análise comparativa de Soluções baseadas na Natureza

Tendo em consideração a abordagem holística das SbN (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016), torna-se fundamental a proposição de uma metodologia de análise de iniciativas que seja capaz de integrar e relacionar diferentes tipologias de SbN. Para tanto, neste estudo foi desenvolvido pelos autores uma metodologia de análise comparativa de SbN aplicadas à gestão de recursos hídricos, a partir da adaptação de níveis de pontuação e critérios da chamada para prospecção de SbN no Brasil, realizada pela Fundação Grupo O Boticário de Proteção da Natureza (FGV-EAESP, 2017).

Para a etapa de hierarquização das iniciativas com SbN identificadas na RH IX, foram atribuídas notas, com base em cinco níveis de pontuação (0, 5, 10, 15 e 20). Consideraram-se os seguintes critérios: i) beneficiários potenciais; ii) comparação da SbN com a possível utilização de infraestrutura 100% cinza; iii) contribuição para o aumento da resiliência local à mudança climática; iv) potencial de replicabilidade; e v) aderência ao ODS 6 (Quadro 1).

Quadro 1 – Protocolo de avaliação de Soluções baseadas na Natureza aplicadas à gestão de recursos hídricos

Beneficiários potenciais	<ul style="list-style-type: none"> • 0 - Não atende ou não se aplica • 5 - Residência ou unidades e estabelecimentos de pequeno porte • 10 - Organizações de pequeno porte ou unidades e estabelecimentos de médio porte • 15 - Organizações de médio ou grande porte ou unidades e estabelecimentos de grande porte • 20 - Imóveis rurais, ecossistemas costeiros, Unidades de Conservação, comunidades tradicionais, bairros urbanos ou biodiversidade local
Comparação com infraestruturas cinzas	<ul style="list-style-type: none"> • 0 - Não atende ou não se aplica • 5 - O custo de implementação da SbN é superior ao da infraestrutura cinza, porém os cobenefícios da SbN justificam o custo • 10 - O custo de implementação da SbN é similar ($\pm 5\%$) ao da infraestrutura cinza, porém os cobenefícios da SbN justificam sua escolha • 15 - O custo de implementação da SbN é de até 50% inferior ao da infraestrutura cinza • 20 - O custo de implementação da SbN é mais que 50% inferior ao da infraestrutura cinza ou quando a SbN oferece a principal ou única solução viável
Resiliência local à mudança climática	<ul style="list-style-type: none"> • 0 - Não atende ou não se aplica • 5 - Sistemas seminaturais isolados (<i>wetlands</i> construídas) • 10 - Agricultura sustentável • 15 - Conservação ou restauração ecológica de formações florestais nativas ou Sistemas Agroflorestais • 20 - Conservação florestal ou restauração ecológica em áreas prioritárias (Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e bacias hidrográficas críticas de abastecimento), áreas úmidas, planícies de inundação ou infraestruturas verdes urbanas
Potencial de replicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • 0 - Não atende ou não se aplica • 5 - Requer condições climáticas, de fitofisionomia, hidrologia, pedologia, geologia, geomorfologia e topografia específicas e é indicada para apenas um tipo de bioma • 10 - Requer condições climáticas, de fitofisionomia, hidrologia, pedologia, geologia, geomorfologia e topografia específicas, mas pode ser indicada para mais de um tipo de bioma • 15 - Pode ser replicada em uma ampla gama de condições de fitofisionomia, hidrologia, pedologia, geologia, geomorfologia e topografia, mas é específica quanto às condições climáticas locais do bioma de implementação • 20 - Pode ser replicada em uma ampla gama de condições climáticas, de fitofisionomia, hidrologia, pedologia, geologia, geomorfologia e topografia
Aderência ao ODS 6	<ul style="list-style-type: none"> • 0 - Não atende ou não se aplica • 5 - Atende diretamente 20% das metas do ODS 6 • 10 - Atende diretamente 40% ou 60% das metas do ODS 6 • 15 - Atende diretamente 80% das metas do ODS 6 • 20 - Atende diretamente 100% das metas do ODS 6

Fonte: Elaboração própria.

No presente protocolo de avaliação de SbN aplicadas à gestão de recursos hídricos, adotaram-se como beneficiários potenciais aqueles diretamente beneficiados com os serviços ecossistêmicos fornecidos com a adoção da iniciativa envolvendo SbN em imóveis rurais; ecossistemas costeiros; Unidades de Conservação (UCs); comunidades tradicionais; bairros urbanos; e residências; organizações, unidades ou estabelecimentos, em geral, situados em áreas rurais ou urbanas. O critério também contempla a biodiversidade local, diretamente favorecida com a implementação das ações.

Para realizar a comparação, em termos de custo, entre as iniciativas com SbN e a possível utilização de infraestruturas 100% cinzas, o segundo critério baseou-se em estimativas de custo de implementação obtidos de cada iniciativa e em estimativas de

custo de projetos e serviços de engenharia aplicados com a mesma finalidade, a serem consultadas por meio da literatura técnica ou acadêmica. Em caso de a SbN ser a principal ou única alternativa viável para a solução da demanda ou problema específico, a iniciativa deverá receber a pontuação máxima.

O terceiro critério considerou as iniciativas que permitem a adaptação dos sistemas naturais e seminaturais em resposta à mitigação das mudanças climáticas (IPPC, 2014). Para isso, o critério fundamentou-se nas definições adotadas nas Leis Federais nº 12.187/2009 – Lei de Mudanças Climáticas (BRASIL, 2009) e nº 9.985/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (BRASIL, 2000), nº 11.428/2006 – Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) e nº 12.651/2012 – Código Florestal (BRASIL, 2012), que estabelecem o limiar mínimo legal de preservação em Unidades de Conservação, áreas urbanas e imóveis rurais, respectivamente.

Para verificar o potencial de replicabilidade das iniciativas identificadas, o quarto critério levou em conta as especificidades das SbN em relação aos fatores biofísicos locais para a replicação das ações, tais como: condições climáticas, de fitofisionomia, hidrologia, pedologia, geologia, geomorfologia e topografia.

O último critério tomou como base a avaliação do relatório *World Water Assessment Programme* (WWAP) da ONU sobre o potencial de contribuição de diferentes tipologias de SbN para o alcance de cada meta estabelecida no ODS 6 da Agenda 2030 (WWAP, 2018), conforme é demonstrado no Quadro 2. No cômputo geral de aderência ao ODS 6, analisou-se o atendimento das iniciativas às metas (6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5), excetuando-se a meta 6.6, por contemplar em si a aplicação das próprias SbN.

Quadro 2 – Potencial de contribuição de SbN para o alcance das metas do ODS 6

Metas do ODS 6	Exemplos de SbN
6.1 Alcançar o acesso universal e equitativo à água para consumo humano, segura e acessível para todas e todos	Agricultura sustentável, SAFs, conservação florestal, matas ciliares e infraestruturas verdes urbanas
6.2 Alcançar o acesso ao saneamento e à higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade	Banheiros secos e <i>wetlands</i> construídas
6.3 Melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reúso seguro localmente	<i>Wetlands</i> construídas, áreas úmidas, planícies de inundação, conservação florestal, matas ciliares, infraestruturas verdes urbanas, agricultura sustentável e SAFs
6.4 Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez	Agricultura sustentável, SAFs, conservação florestal, matas ciliares e infraestruturas verdes urbanas
6.5 Implementar a gestão integrada de recursos hídricos em todos os níveis de governo, inclusive via cooperação transfronteiriça	Conservação florestal e restauração ecológica de bacias hidrográficas em larga escala
6.6 Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos	Refere-se à aplicação de SbN para apoiar a disponibilidade e o gerenciamento sustentável da água e o saneamento para todos
6. a Ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo, entre outros, a gestão de recursos hídricos, a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso	–
6. b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais e promover o controle social para melhorar a gestão da água e do saneamento	–

Fonte: WWAP (2018) e IPEA (2019).

No caso de empate entre as iniciativas pontuadas, sugeriu-se a adoção de quatro critérios para a realização do desempate: i) clareza e relevância da demanda a ser solucionada por meio de SbN; ii) maior área de abrangência da iniciativa para implementação das intervenções propostas; iii) maior quantidade de beneficiários contemplados diretamente pela iniciativa; e iv) aspectos de conservação da biodiversidade respeitados e impulsionados pela iniciativa.

A metodologia de análise comparativa de SbN foi desenvolvida para escala regional e aplicada em nível de bacias hidrográficas do bioma Mata Atlântica. Contudo, partiu-se do pressuposto que é importante fornecer subsídios para consolidar a

priorização e seleção de SbN nos processos de tomada de decisões do CBH-BPSI em relação às iniciativas com infraestruturas cinzas, promovendo o acesso seguro, equitativo e sustentável das águas na RH IX.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de dados, constatou-se a existência de iniciativas propostas, em execução e concluídas com o uso de SbN na RH IX. Para tanto, as iniciativas identificadas foram caracterizadas em função de sua trajetória de concepção e/ou implementação, explicitando o problema ou desafio específico a ser solucionado por meio de SbN. Em seguida, aplicou-se a metodologia de análise comparativa de SbN, com base nos critérios e níveis de pontuação empregados na pesquisa. Logo, as iniciativas foram hierarquizadas de maneira decrescente, baseando-se na pontuação total obtida através da soma das notas recebidas em cada critério adotado. Conforme a hierarquização, destacaram-se os fatores de sucesso e desafios das iniciativas analisadas, além das possibilidades para o desenvolvimento de SbN na RH IX e recomendações para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos a partir de SbN.

3.1. Soluções Baseadas na Natureza da Região Hidrográfica IX

Nesta pesquisa, foram analisadas as iniciativas existentes na RH IX, tais como: medidas de conservação florestal e/ou restauração ecológica de ecossistemas naturais, o manejo de agroecossistemas (SAFs e sistemas silvipastoris) e a criação de novos ecossistemas ou ecossistemas artificiais (restauração artificial costeira e *wetlands* construídas). Não foram consideradas medidas de conservação florestal exclusivamente em Unidades de Conservação existentes na RH IX, considerando a exequibilidade metodológica frente às restrições de tempo e do cenário de pandemia de COVID-19. Portanto, as iniciativas com a adoção de SbN que contribuem para promover a gestão integrada de recursos hídricos e o progresso regional de alcance ao ODS 6, serão destacadas a seguir.

3.1.1. Caso 1: Projeto Conexão Mata Atlântica

O Projeto Conexão Mata Atlântica é uma iniciativa que visa a promover a resiliência dos ecossistemas, à conservação de habitats, o aumento da conectividade de fragmentos florestais, o aumento dos estoques de carbono e à segurança hídrica, em áreas prioritárias da bacia do rio Paraíba do Sul. Essa iniciativa possui período de duração de cinco anos (2017-2021), sendo financiada com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), por meio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e recursos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Governo dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (IKEMOTO *et al.*, 2019).

A Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (FINATEC) é a instituição executora dos recursos do GEF/BID. No Estado do Rio de Janeiro, as ações são desenvolvidas pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) por meio do INEA, em parceria com a Secretaria de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Pesca (SEAPPA) por meio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro (EMATER-RIO). Segundo Ikemoto *et al.* (2019), no território da RH IX foi implementado o mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na modalidade PSA Uso Múltiplo, que é voltado para agroecossistemas e áreas de alta ação antropogênica, a fim de estimular o desenvolvimento sustentável das atividades agrícolas da região.

O PSA Uso Múltiplo tem como principais objetivos a geração e o incentivo ao manejo sustentável da paisagem, incluindo três práticas elegíveis para PSA: a conservação florestal, a restauração ecológica e a conversão produtiva por meio da transformação de áreas de baixa produtividade em SAFs e sistemas silvipastoris, práticas agropecuárias que integram espécies arbóreas nativas a áreas produtivas. A área de atuação do projeto na RH IX abrange cinco microbacias hidrográficas: Córrego do Coleguinho/Olho d'Água (Italva), Valão Grande I e Córrego Caixa d'Água/Valão Grande II (Cambuci), Varre-Sai (Varre-Sai) e Ouro (Porciúncula), totalizando uma área de 36.265 hectares (ha).

Para tanto, a operacionalização do projeto é realizada pelas Unidades Executoras Locais (UEs), que são escritórios localizados na RH IX: (UEs Italva/Cambuci e Varre-Sai/Porciúncula). As principais atividades desenvolvidas pelas UEs incluem a divulgação dos editais de PSA; a mobilização de proprietários rurais; o apoio e a

assistência técnica aos beneficiários para adequação ambiental; a elaboração de propostas de adesão e implantação do plano de ações; a elaboração de relatórios de monitoramento e verificação para fins de pagamento; e a realização de ações de sensibilização, capacitação e difusão de boas práticas ambientais (IKEMOTO *et al.*, 2019).

Nos editais 02/2018 e 06/2019, foram firmados o total de 203 contratos na área de atuação do projeto na RH IX, que resultaram em 1.091,15 ha de conservação florestal, 49,59 ha de restauração ecológica e 367,80 ha de conversão produtiva. Dessa forma, a implementação dessas SbN por meio de esquemas de PSA visa ao enfrentamento de desafios como o alto grau de fragmentação florestal e a tendência de empobrecimento e perda de biodiversidade na RH IX frente às pressões sobre os recursos hídricos num contexto de mudanças climáticas. Tendo em vista a aplicabilidade e relevância do projeto, espera-se promover impactos positivos no aumento de serviços ecossistêmicos relacionados à conservação da biodiversidade, à mitigação de mudanças climáticas e à segurança hídrica.

Ressalta-se que o objetivo da seleção e priorização de áreas estratégicas para intervenção foi indicar porções do território das microbacias a fim de que as ações de conservação florestal, restauração ecológica e conversão produtiva pudessem contribuir com a maior probabilidade de efetividade para o aumento da provisão de serviços ecossistêmicos. Portanto, o resultado da priorização abrangeu áreas de propriedades rurais com o potencial mais expressivo para a proteção de mananciais de abastecimento e conforme a efetividade na recuperação de serviços ecossistêmicos da biodiversidade e do clima (IKEMOTO *et al.*, 2019).

Os valores de PSA foram calculados de acordo com a ação proposta e o tamanho da área onde a ação será executada, conforme os critérios definidos nos editais. Desse modo, os benefícios potenciais aos provedores de serviços ambientais contemplados pelo projeto na RH IX totalizaram até 09/02/2021, um valor de R\$ 2.620.101,40 em PSA, variando de R\$ 352,35 a R\$ 15.369,36, pagos por imóvel rural. Assim, os recursos adquiridos pelos beneficiários (203 famílias de proprietários rurais) foram investidos na aquisição de implementos agrícolas, construção ou reforma de estruturas agropecuárias e na adoção de práticas conservacionistas do solo. Além disso, pode-se constatar a efetividade do PSA Uso Múltiplo no manejo das áreas da RH IX para conservação da

biodiversidade, reposição e melhoria dos estoques de carbono, além da segurança hídrica (IKEMOTO *et al.*, 2019).

Para tanto, pode-se destacar a potencialidade das SbN como a principal ou única solução viável em comparação à possível utilização de infraestruturas cinzas, uma vez que as ações empregadas são capazes de promover a sustentabilidade florestal, a conservação de habitats e a proteção de mananciais (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; BROWDER *et al.*, 2019; WWAP, 2018). Ressalta-se a alta contribuição do projeto para o aumento da resiliência local à mudança climática, por meio de remoções por sumidouros de carbono das formações florestais (IPPC, 2014), incluindo as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas úmidas.

Em relação ao potencial de replicabilidade, pode-se considerar que as ações do PSA Uso Múltiplo requerem condições climáticas, de fitofisionomia, pedologia, hidrologia, geologia, geomorfologia e topografia específicas da bacia hidrográfica de intervenção. Portanto, infere-se que a iniciativa pode ser replicável para bacias hidrográficas de outros biomas brasileiros, visando ao aumento da conectividade de ecossistemas, à mitigação de mudanças climáticas e à segurança hídrica.

Sobre o potencial de contribuição das SbN para o alcance das metas estabelecidas no ODS 6, a iniciativa atende diretamente as metas 6.1, 6.3, 6.4 e 6.5. O atendimento à meta 6.1 ocorre em função de a área de intervenção ser considerada importante manancial para o abastecimento humano (IKEMOTO *et al.*, 2019). Logo, as SbN são direcionadas a ampliar as áreas de floresta, que são de alta importância para a revitalização dos recursos hídricos. O atendimento às metas 6.3 e 6.4 está relacionado à melhoria na disponibilidade hídrica local em quantidade e qualidade, uma vez que a cobertura florestal regula a qualidade da água e favorece maiores taxas de infiltração no solo (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). O atendimento à meta 6.5 corresponde à contribuição das SbN para a proteção dos recursos hídricos das microbacias hidrográficas e ecossistemas associados, promovendo a manutenção, reabilitação e provisão dos serviços ecossistêmicos para a melhoria na disponibilidade hídrica quali-quantitativa para os usuários de água e biodiversidade local. À vista disso, a conservação florestal e restauração ecológica também geram benefícios para os usuários de água situados a jusante das áreas de intervenção, por meio da regulação hídrica, do controle de erosão e sedimentação, do aumento do fluxo gênico da fauna e

flora, além da regulação de inundações (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018).

3.1.2. Caso 2: Proposta de Restauração Artificial do Sistema Praia-Duna de Atafona

O litoral, junto à foz do rio Paraíba do Sul, no município de São João da Barra, está submetido a diversos problemas causados pela erosão costeira, que avança sobre a infraestrutura pública e privada instalada no núcleo urbano do distrito de Atafona. O recuo da linha de praia ocorre em taxas superiores a 7 m/ano, o que levou à destruição de mais de 183 unidades residenciais, distribuídas em 14 quadras localizadas em áreas próximas ao pontal (BULHÕES, 2018).

De acordo com Muehe, Lima e Lins-de-Barros (2007), as causas da erosão costeira em Atafona não estão totalmente esclarecidas. Entretanto, destacam que a redução das descargas fluviais líquidas e sólidas, principalmente após a transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para o sistema Lajes-Guandu, alterou a interação entre o rio e o oceano, o que favoreceu a deposição de sedimentos na foz, modificando a direção e a intensidade dos processos atuantes sobre o estuário e a linha de praia (COSTA, 1994).

Além disso, as captações de água para diversos usos e o controle do fluxo fluvial nas barragens a montante associados às situações de estiagem na bacia, influenciam na redução da vazão a jusante, sobretudo, favorecendo o avanço da intrusão salina na foz (COSTA, 1994; BULHÕES, 2018). Para tanto, a proposta defendida por Bulhões (2018) visa à transposição de areias por meio da dragagem e do bombeamento hidráulico de dentro da calha fluvial para o pontal de Atafona, incluindo o espalhamento mecânico e supervisionado em uma faixa de 1,5 km para a construção de dunas e bermas artificiais.

O maior benefício da alimentação artificial de praias e criação de dunas artificiais, em comparação a infraestruturas cinzas, está relacionado à dissipação de energia das ondas e não apenas a sua reflexão de volta à praia (BULHÕES, 2018). Assim, as dunas promovem uma barreira física entre o mar e áreas continentais. Ressalta-se que a alimentação de praia e a criação de dunas são as únicas intervenções

de engenharia costeira que utilizam areias semelhantes para repor o estoque perdido e conter o avanço da erosão em áreas urbanizadas (BULHÕES, 2018).

A proposta também envolve a restauração ecológica do sistema praia-duna, de forma a restabelecer as condições naturais, os serviços ecossistêmicos de proteção à costa, os atributos cênicos e paisagísticos do balneário e a reconstituição de habitats para aumentar a biodiversidade. Portanto, a implementação da SbN para lidar com o problema de erosão costeira crônica visa a proteger a orla marítima do avanço do mar.

Os beneficiários potenciais da proposta incluem a população residente à orla marítima que está vulnerável ao fenômeno de erosão costeira, além de pescadores, turistas e biodiversidade local. Destaca-se que a SbN apresenta melhor custo-benefício para proteger o litoral da erosão costeira, uma vez que as infraestruturas cinzas são mais onerosas e permanentes, reduzindo a resiliência da costa ao impedir o fluxo natural de águas e materiais (BULHÕES, 2018; BROWDER *et al.*, 2019).

A prefeitura de São João da Barra dispõe de um projeto proposto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), a partir de um campo de espigões orçado em R\$ 180 milhões (G1 Norte Fluminense, 2019), enquanto a proposta de Bulhões (2018) tem previsão de custo em torno de R\$ 20 milhões. Logo, o custo de implementação da SbN é mais que 50% inferior ao da infraestrutura cinza.

Em se tratando da contribuição para o aumento da resiliência local frente às mudanças climáticas, a proposta visa à consolidação da restauração ecológica, contribuindo para a adaptação em resposta às mudanças do clima por meio de remoções por sumidouros de carbono, além de proteger a costa do avanço do mar e dos eventos climáticos extremos (IPCC, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; BROWDER *et al.*, 2019).

Quanto ao potencial de replicabilidade, pode-se considerar que a restauração artificial costeira requer condições ambientais específicas no tocante à dinâmica do estuário e linha de praia de intervenção. Portanto, infere-se que a iniciativa pode ser replicável para a resiliência do sistema praia-duna de outros biomas brasileiros que enfrentam situações de erosão costeira semelhantes ao caso de Atafona.

Em relação à aderência da SbN ao ODS 6, a iniciativa contribui para o atendimento às metas 6.3 e 6.5. O potencial de contribuição à meta 6.3 está relacionado à melhoria da qualidade da água, pois a adoção da proposta poderá influenciar positivamente em conter o avanço da intrusão salina, melhorando as condições de

captação de água do rio para o abastecimento da população. O potencial de contribuição à meta 6.5 corresponde à contribuição da proposta para o gerenciamento costeiro, de forma a promover a resiliência do estuário e da linha de praia, impedindo o avanço do mar. Apesar de a SbN contribuir para o aumento da quantidade de água por meio da precipitação e infiltração no sistema praia-duna, a iniciativa não atende diretamente a meta 6.4, devido à influência marinha impossibilitar o abastecimento de água doce para o consumo humano.

3.1.3. Caso 3: Programa de Restauração Ecológica da Reserva Particular do Patrimônio Natural Caruara

A RPPN Caruara está situada no município de São João da Barra, possuindo uma área de 3.844,73 ha. A reserva tem como proprietária a empresa Reserva Ambiental Fazenda Caruara S.A., subsidiária da Porto do Açú Operações S.A. Trata-se da maior UC privada de restinga do país e a única do estado que protege esse tipo de ecossistema (IPF, 2018), reunindo extensas áreas de florestas conservadas, áreas úmidas e as lagoas de Iquipari e Grussaí, que por sua vez, proporcionam usos variados para a população local.

A RPPN possui um programa de restauração ecológica de restinga em andamento, oriundo de medidas compensatórias pela supressão de vegetação nativa do licenciamento ambiental do Complexo Industrial do Porto do Açú. Logo, a implementação dessa SbN para lidar com os compromissos legais de compensação ambiental visa a amenizar e reverter a tendência de fragmentação e a perda de biodiversidade por déficit de cobertura florestal para manutenção da diversidade ecossistêmica.

No total, foram suprimidos cerca de 1.000 ha de vegetação de restinga em diferentes estágios de sucessão ecológica, o que gerou um compromisso de restauração de mais de 5.000 ha. Desses compromissos, cerca de 1.400 ha estão dentro da RPPN Caruara, sendo o restante distribuído em ações de restauração ecológica em outras áreas do Estado do Rio de Janeiro. No que diz respeito aos 1.400 ha a serem implementados na RPPN Caruara, desde o ano de 2011, já foram plantados mais de 1,2 milhão de mudas nativas distribuídas em uma área de 1.140 ha. Evidencia-se, assim, o impacto

positivo da SbN através do aumento da fitofisionomia local em relação ao quantitativo de vegetação suprimida.

Estima-se que já foram investidos mais de R\$ 40 milhões entre a criação da RPPN e ações de restauração ecológica de restinga. Para a implementação do programa, inicialmente, foi realizado um reconhecimento da área, assim como das espécies remanescentes de restinga e suas peculiaridades de ocorrência em cordões arenosos secos e alagáveis. Em seguida, foi consolidada uma lista de 68 espécies nativas de restinga, sendo classificadas quanto ao grupo ecológico a que pertencem, a fim de serem produzidas no viveiro de mudas nativas, implementado em 2011 (IPF, 2018).

Em função do grau de degradação, foram selecionadas áreas de plantios divididas em diferentes intensidades de intervenção. Nas áreas mais degradadas, maiores esforços de plantio foram necessários, o que envolveu uma maior complexidade nas ações implementadas, objetivando resultados mais expressivos. Já para áreas com menor grau de degradação, optou-se por uma menor intervenção e empregaram-se técnicas de enriquecimento com espécies florísticas ameaçadas de extinção e de interesse para a fauna. A metodologia adotada para o plantio foi a de anéis hexagonais (31 mudas/anel) com diferentes arranjos na composição (IPF, 2018).

Para tanto, as ações da RPPN incluem a produção de mudas nativas de restinga originadas por meio de matrizes locais, bem como o plantio e o monitoramento. Entre os beneficiários potenciais da iniciativa, o plantio já envolveu 150 trabalhadores locais, que utilizam todo o conhecimento ecológico regional da restinga. Assim, o programa contribui diretamente para amenizar e reverter a tendência dos fragmentos de sofrerem com os efeitos de borda e invasão por espécies exóticas, propiciando o aumento da conectividade dos fragmentos e o aumento da oferta de alimento para as populações da fauna local (IPF, 2018). Além disso, a RPPN é área de soltura de animais silvestres encontrados nas áreas do Complexo Industrial do Porto do Açú.

Considera-se a potencialidade da SbN como a principal ou única solução viável em comparação à possível utilização de infraestruturas cinzas, principalmente devido à capacidade das ações empregadas em promover a sustentabilidade florestal e a conservação da biodiversidade (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; BROWDER *et al.*, 2019), além do papel das espécies frugívoras de dispersarem sementes das áreas mais conservadas para as demais áreas (IPF, 2018).

A contribuição da SbN para o aumento da resiliência local à mudança climática visa à consolidação da restauração, aumentando a área disponível para adaptação em resposta às mudanças do clima por meio de remoções por sumidouros de carbono das formações florestais (IPCC, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; BROWDER *et al.*, 2019), incluindo as APPs e áreas úmidas.

Quanto ao potencial de replicabilidade do Programa de Restauração Ecológica da RPPN Caruara, pode-se considerar que a iniciativa requer condições ambientais específicas do ecossistema costeiro de intervenção. Portanto, infere-se que o programa pode ser replicável para a conservação de ecossistemas de outros biomas brasileiros, nos quais se encontram comunidades florísticas que recebem influência marinha, como praias, cordões arenosos, dunas e depressões (BRASIL, 2012).

Em se tratando do potencial de contribuição da SbN ao ODS 6, a iniciativa atende diretamente às metas 6.3 e 6.5. O atendimento à meta 6.3 está relacionado à melhoria na qualidade da água das lagoas, pois a presença da vegetação ciliar confere proteção às faixas marginais por meio da estabilização de areia, da redução da erosão, do assoreamento, da captura e retenção de poluentes e da ciclagem de nutrientes (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). O atendimento à meta 6.5 ocorre em função de a restauração ecológica da restinga contribuir para a conservação dos recursos hídricos e ecossistemas associados da sub-bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. Dessa forma, a restauração propicia a reabilitação e a provisão dos serviços ecossistêmicos para a melhoria da disponibilidade hídrica quali-quantitativa para a comunidade ao entorno e biodiversidade local. Apesar de a SbN promover o aumento da quantidade de água por meio da infiltração e do armazenamento no lençol freático, a iniciativa não atende diretamente à meta 6.4, uma vez que as lagoas sofrem influência marinha, impossibilitando o abastecimento de água doce para o consumo humano.

3.1.4. Caso 4: Projeto Olhos d'Água – PSA Hídrico Carapebus

No contexto do seu Plano de Aplicação Plurianual (PAP) de 2012, o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) instituiu a aplicação de recursos para o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais com Foco em Recursos Hídricos – PSA Hídrico. Essa iniciativa foi adotada visando à melhoria da

disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (SALLES; SANTOS, 2019). Entre as medidas propostas para o PSA Hídrico estão o apoio a projetos de conservação florestal e restauração ecológica.

Em 2014, foi publicado o edital nº 004/2014, por meio da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), para seleção de projetos-piloto que contemplassem ações de conservação florestal e restauração ecológica. Dessa forma, o Projeto Olhos d'Água foi um dos selecionados para receber recursos financeiros oriundos do PSA Hídrico, sendo executado no município de Carapebus pela Organização Não Governamental – ONG Ecoanzol.

O Projeto Olhos d'Água teve duração de seis anos (2015-2020). A área de atuação compreende o Assentamento 25 de março, situado na microbacia hidrográfica da lagoa de Carapebus. Ressalta-se que a iniciativa também recebeu um aporte financeiro do CBH-BPSI. Assim, foram firmados oito contratos de PSA com agricultores familiares, que resultaram na conservação florestal de 4,05 ha e restauração ecológica e implementação de SAFs, a partir do plantio de 5.631 mudas distribuídas em uma área de 3,51 ha.

Para tanto, a implementação dessas SbN por meio de esquemas de PSA visa ao enfrentamento de problemas de degradação ambiental resultantes da alteração de cobertura florestal nativa de APPs para o estabelecimento de pastagem, o que potencializa a ocorrência de processos erosivos e de sedimentação locais. Logo, espera-se promover impactos positivos no aumento de serviços ecossistêmicos hídricos, visto que o território abrangido pelas ações do projeto é rico em nascentes perenes e temporárias, que são importantes mananciais de abastecimento humano.

Em síntese, entre as atividades executadas no projeto, destacam-se: a criação e aprovação da Lei Municipal nº 626/2015 (Lei do PSA); a elaboração e divulgação do edital de PSA; a mobilização de proprietários rurais; a habilitação, hierarquização e contratação dos provedores de serviços ambientais; a elaboração do Projeto Executivo de Restauração (PER); a capacitação de proprietários rurais para estimular boas práticas ambientais; a implantação de ações de conservação florestal e restauração ecológica; a manutenção e o monitoramento das áreas de intervenção; e o pagamento aos provedores de serviços ambientais (SALLES; SANTOS, 2019).

A definição de áreas para conservação florestal e restauração ecológica sucedeu-se mediante sugestões do técnico do projeto para a adequação ambiental dos imóveis

rurais, aliadas aos tipos de manejo do solo. Dessa forma, para cada propriedade selecionada, gerou-se um mapa contendo: os limites do imóvel rural; a localização de nascentes e corpos hídricos; as APPs existentes, com a indicação das áreas com a presença e ausência de vegetação nativa; as áreas de uso consolidado; as principais vias de acesso à propriedade; o isolamento previsto; e as áreas de intervenção para restauração ecológica e conservação florestal (SALLES; SANTOS, 2019).

No que se refere à restauração ecológica, as ações envolveram as seguintes atividades: a instalação de placa de identificação do projeto em todas as propriedades selecionadas; a aquisição dos insumos de isolamento e o plantio de mudas; a implantação do cercamento e o aceiramento das áreas; a limpeza, o coroamento e a abertura de berços; o controle de formigas; a calagem, a adubação e hidratação dos berços; e o plantio das mudas de espécies nativas, conforme a metodologia de restauração ecológica adotada (plantio total ou enriquecimento) (SALLES; SANTOS, 2019).

O plantio total prioriza o rápido recobrimento do solo, utilizando duas estratégias por meio de grupos funcionais: o grupo de preenchimento, constituído por espécies que se desenvolvem bem a pleno sol e apresentam um rápido crescimento com boa cobertura de copa (pioneiras e secundárias iniciais) e o grupo de diversidade, que incluem espécies que possuem maior interação com a fauna e são fundamentais para garantir a perpetuação da área plantada (secundárias tardias e clímax).

Como técnica complementar, adotou-se o método de enriquecimento nas áreas ocupadas com vegetação nativa que apresentaram baixa diversidade florística. Também implementaram-se SAFs em áreas periféricas a APPs ou na borda de plantios através do cultivo de espécies frutíferas. Com base no monitoramento e avaliação do projeto, os primeiros resultados positivos foram as mudanças nas práticas de manejo do solo e exploração dos recursos naturais (SALLES; SANTOS, 2019).

Segundo Salles e Santos (2019), os valores de PSA foram calculados de acordo com o tamanho da área conservada ou restaurada (R\$ 200,00/ha). Entre os beneficiários potenciais do projeto, destacam-se oito famílias de assentados rurais. Os valores de PSA totalizaram R\$ 3.024,00, variando de R\$ 72,00 a R\$ 828,00, por imóvel rural. Para tanto, os agricultores familiares contemplados pelo projeto serão pagos pela Prefeitura Municipal de Carapebus, com previsão de pagamento para o dia 22/03/2021. Além

disso, as ações de conservação e restauração envolveram diretamente 15 trabalhadores do Assentamento 25 de março.

Ressalta-se a potencialidade das SbN como a principal ou única solução viável em comparação à possível utilização de infraestruturas cinzas, uma vez que a recuperação de nascentes provém água em quantidade e qualidade. A contribuição de matas ciliares, para o aumento da resiliência local à mudança climática, fornece uma estratégia eficaz a fim de moderar os regimes de temperatura (IPCC, 2014). Além disso, as matas ciliares possuem um papel fundamental na absorção do excesso de água, contribuindo para a redução de danos causados pelas inundações a jusante (ALBERT *et al.*, 2019).

No tocante ao potencial de replicabilidade do Projeto Olhos d'água, pode-se considerar que as ações do PSA Hídrico requerem condições climáticas, de fitofisionomia, pedologia, hidrologia, geologia, geomorfologia e topografia ambientais específicas da bacia hidrográfica de intervenção. Portanto, infere-se que a iniciativa pode ser replicável para a segurança hídrica de bacias hidrográficas de outros biomas brasileiros, a fim de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Quanto à aderência das SbN ao ODS 6, a iniciativa contribui para o atendimento às metas 6.1, 6.3, 6.4 e 6.5. A contribuição à meta 6.1 ocorre em função de a área de intervenção ser considerada importante manancial de abastecimento de água para consumo humano e da fauna. Logo, as SbN contribuem para a infiltração, recarga de aquíferos, escoamento superficial e retenção de umidade no solo (WWAP, 2018). O potencial de contribuição às metas 6.3 e 6.4 está relacionado à melhoria na disponibilidade hídrica quali-quantitativa local, visto que a presença da vegetação é fundamental para a proteção de bacias hidrográficas, regulando a qualidade da água e favorecendo maiores taxas de infiltração (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). O potencial de contribuição à meta 6.5 corresponde à contribuição das SbN para a proteção dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica da lagoa de Carapebus e ecossistemas associados, promovendo a manutenção, reabilitação e provisão dos serviços ecossistêmicos para a melhoria no gerenciamento local da água. Consequentemente, a conservação florestal e restauração ecológica de APPs geram benefícios aos usuários de água situados a jusante das áreas de intervenção, por meio da

regulação hídrica, da redução da perda de solo ocasionada por processos erosivos e do controle de inundações (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018).

3.1.5. Caso 5: *Wetland* construída para o tratamento de efluentes sanitários da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba

A EEEG está localizada no município de São Francisco de Itabapoana, abrangendo cerca de 3.260 ha. A UC é administrada pelo INEA e foi criada para proteger o maior remanescente contínuo de mata estacional semidecidual do Estado do Rio de Janeiro, incluindo os brejos da Cobiça e da Floresta, que são importantes mananciais para diversos usos na região (INEA, 2013).

A sede administrativa da EEEG, construída de materiais recicláveis, destaca-se como sendo a primeira sede de UC estadual que atende inteiramente aos conceitos de sustentabilidade, visando à redução do consumo de energia e ao conforto ambiental de seus usuários. Sua estrutura prioriza o uso natural da iluminação e ventilação, incluindo telhados verdes, coletor solar nos postes e refletores, aproveitamento de energia solar e reúso de água de chuva.

Uma vez que o município em questão não possui estação de tratamento de esgoto (ETE) e rede coletora, na sede da EEEG também foi implementado um sistema de tratamento de efluentes sanitários, constituído por um biodigestor acoplado a uma *wetland* construída. Diante disso, a implementação dessa SbN visa a solucionar os problemas relativos à ausência de sistemas de esgotamento sanitário, evidenciando o impacto positivo da SbN por meio do acesso ao saneamento, da melhoria na qualidade da água e da proteção dos mananciais da sub-bacia hidrográfica do Guaxindiba.

O biodigestor possui a função de realizar o tratamento anaeróbio, o qual os micro-organismos degradam a matéria orgânica biodegradável na ausência de oxigênio. Em seguida, o efluente é bombeado para o sistema complementar de *wetland* construída, composto por três etapas de tratamento aeróbio, por meio de macrófitas aquáticas.

O primeiro compartimento da *wetland* construída é constituído de areia, brita e bambu, como meio suporte no qual o efluente percola em fluxo de escoamento horizontal subsuperficial através da zona de raízes da macrófita emergente *Cyperus giganteus*, conhecida como papiro-brasileiro. Posteriormente, o efluente é direcionado

para os dois últimos compartimentos contendo a macrófita flutuante *Pistia stratiotes*, conhecida como alface d'água, a fim de remover o excedente de matéria orgânica não retirada nas etapas anteriores do tratamento.

Os beneficiários potenciais do sistema alternativo de tratamento de efluentes sanitários da sede da EEEG são os técnicos, o pessoal de apoio, os pesquisadores e os visitantes para fins educacionais. Os principais benefícios locais da SbN estão relacionados à proteção da água para a biodiversidade local, ao valor estético paisagístico com impacto positivo no bem-estar humano, ao potencial de reúso e reciclagem da água, à existência de habitat para a criação de peixes destinados a atividades de educação ambiental, à reciclagem de nutrientes por meio da compostagem de macrófitas, à eliminação de maus odores e à ausência de vibração e ruídos.

Não foi possível realizar a aplicação do critério referente à comparação, em termos de custo de implementação, entre a SbN e a possível utilização de infraestruturas 100% cinzas, devido à falta de dados de projeto do sistema de tratamento de efluentes da sede da EEEG. Quanto à contribuição da SbN para o aumento da resiliência local à mudança climática, não é tão significativa se comparada aos sistemas naturais, uma vez que as *wetlands* construídas são sistemas seminaturais isolados que simulam processos hidrológicos de áreas úmidas. Contudo, é notório que essa SbN influencia positivamente no conforto térmico do ambiente da EEEG.

Em relação ao potencial de replicabilidade, infere-se que as *wetlands* construídas podem ser replicadas em uma ampla gama de condições ambientais, mas são específicas quanto às condições climáticas do local de intervenção (VON SPERLING; SEZERINO, 2018). Portanto, podem ser implementadas em diferentes biomas para melhoria no acesso ao saneamento, todavia, é necessário levar em conta a adaptabilidade das espécies de macrófitas utilizadas no processo de tratamento, bem como as características dos efluentes a serem tratados (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

No tocante ao potencial de contribuição da SbN ao ODS 6, a iniciativa atende diretamente às metas 6.2 e 6.4, relativas ao acesso aos serviços de saneamento e à melhoria na qualidade da água, respectivamente. Desse modo, a SbN contribui para eliminar o lançamento de efluentes sanitários *in natura* nos mananciais da sub-bacia hidrográfica do Guaxindiba, aumentando substancialmente o reciclo e reúso seguro da água localmente. Sendo assim, as *wetlands* construídas caracterizam-se como uma alternativa sustentável complementar ou substitutiva para as estações de tratamento

convencionais, fornecendo efluentes com qualidade adequada para diversos usos, excetuando o consumo humano (WWAP, 2018; GOMES NÉTO *et al.*, 2020).

3.2. Panorama das Soluções baseadas na Natureza da Região Hidrográfica IX: fatores de sucesso, desafios, possibilidades e recomendações

Os resultados evidenciaram que há esforços e avanços de iniciativas com SbN nas bacias hidrográficas da RH IX envolvendo principalmente a conservação florestal e a restauração ecológica. Assim, o principal desafio para a gestão dessa região hidrográfica está relacionado à perda de cobertura florestal, que acelera a degradação dos solos e, por conseguinte, dos recursos hídricos. Para tanto, as SbN identificadas mostraram-se uma estratégia pertinente para promover a gestão integrada de recursos hídricos e o progresso regional de alcance ao ODS 6, pois contribuem potencialmente para a manutenção, reabilitação e provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à melhoria da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade na RH IX.

Segundo o WWAP (2018), as ações que incorporam SbN em bacias hidrográficas contribuem para manutenção, reabilitação e provisão dos seguintes serviços ecossistêmicos: provisão de água; regulação climática; purificação da água; regulação hídrica; controle de erosão; regulação de sedimentos; e regulação de eventos climáticos extremos como secas e inundações.

Os efeitos dos serviços ecossistêmicos variam em função do tamanho da bacia hidrográfica e da extensão e localização dos diferentes ecossistemas (BIRKINSHAW; BATHURST, 2006). Logo, os serviços ecossistêmicos influenciam na quantidade, qualidade e distribuição do fluxo da água no tempo e espaço, estando diretamente relacionados à disponibilidade hídrica quali-quantitativa e à redução de riscos de eventos climáticos extremos (BRAUMAN; VAN DER MEULEN; BRILIS, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; KEESSTRA *et al.*, 2018; BLAU; LUZ; PANAGOPOULOS, 2018; ZHANG *et al.*, 2019; WWAP, 2018; SHIAO *et al.*, 2020).

Ainda que os serviços ecossistêmicos estejam inclusos nos princípios de gestão integrada de recursos hídricos, muitas vezes, na prática, o planejamento é focado no gerenciamento das alocações de águas superficiais e subterrâneas, negligenciando as influências dos ecossistemas e os impactos das mudanças no uso e cobertura do solo (WWAP, 2018). Para o WWAP (2018), há omissões significativas nas escolhas de

gerenciamento no que se refere aos serviços ecossistêmicos. No Quadro 3 é sistematizado as iniciativas analisadas neste estudo.

Quadro 3 – Iniciativas com SbN identificadas e analisadas na RH IX.

Iniciativas com SbN	Município	Unidade territorial	Problema/desafio	Medidas de SbN/Área de intervenção	Beneficiários potenciais	Comparação com infraestruturas cinzas	Resiliência local à mudança climática	Potencial de replicabilidade	Aderência ao ODS 6
Projeto Conexão Mata Atlântica (Caso 1)	Italva, Cambuci, Varre-Sai e Porciúncula	Microbacias hidrográficas Córrego do Coleguinho/Olho d'Água, Valão Grande I, Córrego Caixa d'Água/Valão Grande II, Varre-Sai e Ouro	Fragmentação florestal e perda de biodiversidade (áreas de mananciais de abastecimento)	Conservação florestal: 1.091,15 ha; restauração ecológica: 49,59 ha e SAFs e sistemas silvipastoris: 367,80 ha	203 famílias de proprietários rurais (PSA: R\$ 352,35 - R\$ 15.369,36) e biodiversidade local	As ações promovem a sustentabilidade florestal, a conservação de habitats e a proteção de mananciais	Remoções por sumidouros de carbono	Replicável para conectividade de ecossistemas, mitigação de mudanças climáticas e segurança hídrica de outros biomas brasileiros	Metas 6.1, 6.3, 6.4 e 6.5
Proposta de Restauração Artificial do Sistema Praia-Duna de Atafona (Caso 2)	São João da Barra	Sub-bacia hidrográfica do Paraíba do Sul	Erosão costeira crônica	Restauração artificial + restauração ecológica: estuário do rio Paraíba do Sul e linha de praia	População residente, pescadores, turistas e biodiversidade local	Infraestruturas cinzas (R\$ 180 milhões) X SbN (R\$ 20 milhões)	Remoções por sumidouros de carbono e proteção à costa	Replicável para resiliência costeira de outros biomas brasileiros	Metas 6.3 e 6.5
Programa de Restauração Ecológica da RPPN Caruara (Caso 3)	São João da Barra	Sub-bacia hidrográfica do Paraíba do Sul	Fragmentação florestal e perda de biodiversidade	Restauração ecológica: 1.140 ha	150 trabalhadores locais e biodiversidade local	As ações promovem a sustentabilidade florestal e a conservação da biodiversidade	Remoções por sumidouros de carbono	Replicável para conservação de ecossistemas costeiros de outros biomas brasileiros	Metas 6.3 e 6.5

Iniciativas com SbN	Município	Unidade territorial	Problema/desafio	Medidas de SbN/Área de intervenção	Beneficiários potenciais	Comparação com infraestruturas cinzas	Resiliência local à mudança climática	Potencial de replicabilidade	Aderência ao ODS 6
Projeto Olhos d'Água (Caso 4)	Carapebus	Microbacia hidrográfica da lagoa de Carapebus	Alteração da cobertura florestal nativa de APPs e áreas suscetíveis a erosão e sedimentação	Conservação florestal: 4,05 ha e restauração ecológica e SAFs: 3,51 ha	Oito famílias de agricultores familiares (PSA: R\$ 72,00 - R\$ 828,00), 15 trabalhadores locais e biodiversidade local	A recuperação de nascentes provém água em quantidade e qualidade	Matas ciliares moderam os regimes de temperatura	Replicável para a segurança hídrica de bacias hidrográficas de outros biomas brasileiros	Metas 6.1, 6.3, 6.4 e 6.5
Biodigestor + <i>wetland</i> construída (Caso 5)	São Francisco de Itabapoana	Sub-bacia hidrográfica do Guaxindiba	Ausência de sistemas de esgotamento sanitário	Biodigestor + <i>wetland</i> construída: sede da EEEG	Técnicos, pessoal de apoio, pesquisadores, visitantes e biodiversidade local	Falta de dados de projeto	Não é tão significativa se comparada aos sistemas naturais	Replicável para outros biomas brasileiros, porém deve-se considerar a adaptabilidade das espécies de macrófitas	Metas 6.2 e 6.4

Fonte: Elaboração própria.

Neste estudo, com exceção das medidas de conservação florestal em UCs, pode-se afirmar que a aplicação de SbN nas bacias hidrográficas da RH IX ainda é limitada. Assim, foram encontradas cinco iniciativas, totalizando dez SbN, em apenas sete dos 22 municípios que compõem essa região hidrográfica. São as SbN: Caso 1 (conservação florestal, restauração ecológica, SAFs e sistemas silvipastoris); Caso 2 (restauração artificial + restauração ecológica); Caso 3 (restauração ecológica); Caso 4 (conservação florestal, restauração ecológica e SAFs); e Caso 5 (Biodigestor + *wetland* construída).

Segundo Totti e Thomé (2020), as políticas voltadas para estimular práticas conservacionistas na RH IX, a fim de revitalizar as bacias hidrográficas visando à melhoria da disponibilidade hídrica quali-quantitativa, ainda são incipientes. Ressalta-se que a presente pesquisa não contemplou a análise em profundidade de medidas de conservação florestal exclusivamente em UCs. No entanto, as UCs existentes na RH IX possuem um papel relevante para a manutenção e provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à quantidade e qualidade da água, considerando sua expressiva extensão territorial e localização em porções estratégicas (APPs, zonas de recarga e encostas) (INEA, 2018).

Conforme relatado por Fernandes e Guiomar (2019), o campo de intervenções que utiliza a abordagem das SbN no contexto de uma bacia hidrográfica pode ser amplo e diversificado, integrando diferentes tipologias e objetivos. À vista disso, foram detectadas mais iniciativas empregadas em escala de paisagem (Caso 1, 2, 3 e 4) do que para a melhoria do saneamento (Caso 5). Isso reforça a necessidade de iniciativas em pesquisa e desenvolvimento no campo das SbN, principalmente para a melhoria no acesso ao saneamento na RH IX.

Nem todas as iniciativas com SbN tiveram como propósito principal a provisão de serviços ecossistêmicos para a melhoria da disponibilidade de água em quantidade e qualidade. Todavia, foram direcionadas a outros objetivos, como a resiliência costeira (Caso 2) e a conservação da biodiversidade (Caso 3). Apesar de a segurança hídrica não ser o fator motivador principal, pode ser considerada um cobenefício dessas iniciativas. A hierarquização das iniciativas elencadas, pontuadas a partir da aplicação da metodologia de análise comparativa de SbN, pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 – Hierarquização de iniciativas com SbN analisadas na RH IX

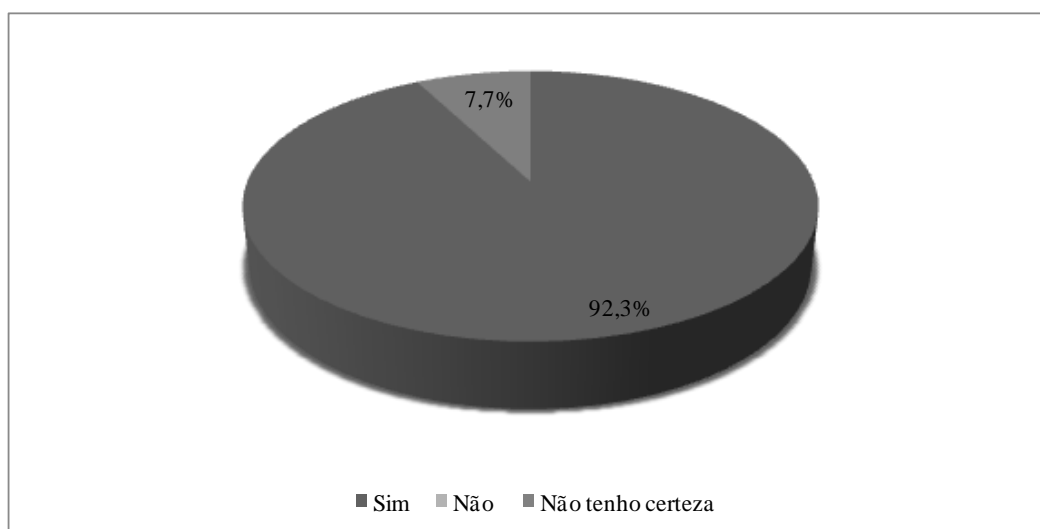
Iniciativas com SbN	Funções ecossistêmicas			Critérios de análise – Níveis de pontuação: (0, 5, 10, 15, 20)					
	Melhorar a quantidade de água	Melhorar a qualidade de água	Reduzir os riscos de extremos climáticos	Beneficiários potenciais	Comparação com infraestruturas cinzas	Resiliência local à mudança climática	Aderência ao ODS 6	Potencial de replicabilidade	Total
Projeto Conexão Mata Atlântica (Caso 1)	X	X	X	20	20	20	15	10	85
Projeto Olhos d'Água (Caso 4)	X	X	X	20	20	20	15	10	85
Proposta de Restauração Artificial do Sistema Praia-Duna de Atafona (Caso 2)	X	X	X	20	20	20	10	10	80
Programa de Restauração Ecológica da RPPN Caruara (Caso 3)	X	X	X	20	20	20	10	10	80
Biodigestor + <i>wetland</i> construída (Caso 5)		X		20	0	5	10	15	50

Fonte: Elaboração própria.

Entre as iniciativas analisadas nesta pesquisa, os Casos 1 e 4 foram os que apresentaram as maiores notas, de acordo com a metodologia adotada (85 pontos). Contudo, o Projeto Conexão Mata Atlântica ocupou a primeira posição na classificação pelo fato de abranger a maior área de atuação para implementação das ações e contemplar a maior quantidade de beneficiários e de aspectos de biodiversidade. Desde 2017, as atividades do projeto na RH IX totalizaram, até 09/02/2021, 1.508,54 ha em áreas manejadas com ações ambientais.

Entretanto, ambas as iniciativas envolveram o programa de PSA para o financiamento das SbN empregadas, demonstrando o potencial do instrumento para o amadurecimento da política de investimentos em experiências bem-sucedidas. Nesse contexto, os resultados da pesquisa de percepção ambiental demonstraram que 92,3% dos entrevistados consideraram o PSA como opção de financiamento estimulante para a implementação de SbN visando ao alcance do ODS 6 na RH IX, enquanto 7,7% não têm certeza sobre a efetividade do instrumento econômico, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Percentual de entrevistados que consideraram o PSA como opção de financiamento estimulante para a implementação de SbN na RH IX.



Fonte: Elaboração própria

Dessa forma, pode-se afirmar que o PSA se apresenta como uma ferramenta de contribuição para reverter tendências de degradação ambiental em bacias hidrográficas, considerando, por exemplo, que as APPs da RH IX encontram-se bastante degradadas. De acordo com o Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro, a RH IX apresentou um quantitativo de áreas com alta e muito alta prioridade para investimentos e adoção de estratégias de restauração ecológica em Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais (AIPM), totalizando cerca de 209.069 ha (INEA, 2018).

As AIPMs constituem as áreas de bacias contribuintes situadas a montante dos pontos de captação de água, ou seja, que possuem contribuição hidrográfica e influenciam diretamente na disponibilidade de água em quantidade e qualidade. Isto é, as AIPMs representam as áreas focais do Programa Pacto pelas Águas, coordenado pelo INEA, cujo objetivo é promover a proteção e recuperação dos mananciais de abastecimento público e aumentar a segurança hídrica a médio e longo prazo no Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018).

Além disso, no âmbito estadual houve outros importantes avanços normativos, como a criação do Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PRO-PSA), coordenado pela SEAS por meio do INEA. O PRO-PSA, por sua vez, é subordinado ao instrumento de gestão, o Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO), voltado para a conservação e revitalização dos recursos hídricos através do manejo dos elementos dos meios físico e biótico de uma bacia hidrográfica.

Segundo Ikemoto *et al.* (2019), o Projeto Conexão Mata Atlântica contribuiu para ampliar e fortalecer o PRO-PSA, constituindo o primeiro e único projeto de PSA no estado relacionado aos serviços de conservação da biodiversidade, manejo dos estoques de carbono e segurança hídrica. Não obstante, é consenso que a Lei nº 14.119/2021, que institui a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (BRASIL, 2021), trará mais segurança e credibilidade as iniciativas com Sbn.

Com base nas lições aprendidas no Projeto Conexão Mata Atlântica, foram constatadas algumas inovações quanto às abordagens tradicionais de PSA. O projeto traz como inovação a destinação integral dos recursos financeiros recebidos pelos provedores de serviços ambientais em investimentos no imóvel rural para melhoria na infraestrutura de produção. Essa estratégia, denominada Salto Tecnológico, tem se mostrado oportuna para enfrentar um contexto de baixa produtividade rural e, conseqüentemente, pressão sobre os recursos naturais, garantindo, assim, uma maior sustentabilidade social, econômica e ambiental da propriedade (IKEMOTO *et al.*, 2019).

Além da melhoria das condições de produção, foi constatado, ainda, o investimento de parte dos recursos do PSA recebidos pelos proprietários rurais na ampliação de áreas de conservação florestal e restauração ecológica, além da adoção de boas práticas agrícolas (IKEMOTO *et al.*, 2019). Para os autores, essa abordagem exige uma maior complexidade de execução e ação coordenada dos atores sociais envolvidos. Contudo, o modelo tem se revelado viável, considerando a parceria e atuação integrada das equipes do INEA e EMATER-RIO, fundamentais para o sucesso das ações implementadas.

Outro grande diferencial do projeto foi a significativa adesão à prática de conversão produtiva por meio de sistemas de maior funcionalidade ecológica e econômica (SAFs e sistemas

silvipastoris). Por outro lado, um dos possíveis desafios a serem enfrentados é a insuficiência de recursos adicionais para ampliação e/ou continuidade do projeto, após o esgotamento dos recursos do GEF/BID, requerendo a sustentabilidade do modelo de PSA a médio e longo prazo.

No que se refere ao Projeto Olhos d'Água, inicialmente, foram selecionados 27 provedores de serviços ambientais, visando à conservação florestal de 13,5 ha e à restauração ecológica de 29,5 ha, com foco nas localidades da Maitaca, Córrego da Maricota/Córrego Grande e Assentamento 25 de Março, pertencentes ao município de Carapebus. Dessa forma, as atividades de elaboração do PER foram concluídas para todas as 27 propriedades rurais e as ações de isolamento e restauração segmentadas em três módulos, com nove propriedades cada.

Entretanto, as ações foram restringidas ao módulo I em razão da defasagem quanto aos custos previstos na proposta para atendimento ao edital de contratação do CEIVAP e aos valores de mercado dos insumos necessários, o que representou o maior desafio no momento de implementação do projeto (SALLES; SANTOS, 2019). Apesar disso, houve uma participação significativa dos agricultores familiares do Assentamento 25 de março, com apenas uma desistência, revelando a importância do processo de mobilização para a sustentabilidade dos projetos de PSA.

De acordo com a experiência de Salles e Santos (2019), a concepção de um projeto de PSA é um processo dinâmico e complexo, uma vez que abrange aspectos econômicos, sociais e ambientais, sendo fundamental a discussão e a fundamentação de arranjos institucionais, técnicos e financeiros. Para as autoras, um arranjo institucional robusto, envolvendo a participação de diferentes atores sociais (poder público, instituições de ensino e pesquisa, Comitês de Bacias Hidrográficas, ONGs, comunidade local, entre outros), permite o desenvolvimento de um projeto de PSA com melhor qualidade técnica e com maior número de adesões.

Feltran-Barbieri *et al.* (2018) constataram crescentes evidências de que a infraestrutura natural pode ser uma ferramenta importante para a gestão de recursos hídricos. Isto é, se a restauração ecológica de 3.000 ha sugerida na pesquisa fosse implementada na bacia do rio Guandu, maior sistema de abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro, reduziria em 33% o escoamento de sedimentos para os cursos d'água. Isso evitaria o uso de quatro milhões de toneladas de produtos químicos e de 260 mil MWh em energia elétrica para o tratamento de turbidez. Os benefícios econômicos gerados por essa economia atingiriam R\$ 259 milhões, com o benefício líquido de R\$ 156 milhões no horizonte de 30 anos.

Por sua vez, os Casos 2 e 3 alcançaram a mesma nota na classificação de iniciativas envolvendo SbN (80 pontos). Ressalta-se que ambas as iniciativas envolveram a aplicação de SbN em ecossistemas costeiros. Contudo, o caso 2 assumiu a terceira posição em virtude da relevância na

demanda a ser solucionada por meio da restauração artificial do sistema praia-duna de Atafona, considerando que o fenômeno de erosão costeira ocorre aproximadamente desde a década de 1970 (BULHÕES, 2018), envolvendo o estuário do rio Paraíba do Sul e a linha de praia, ocasionando cada vez mais danos materiais e ambientais.

Os desafios para a implementação de SbN visando à proteção à costa em Atafona estão relacionados ao predomínio de infraestruturas cinzas no gerenciamento costeiro, incluindo o custo excessivo dessas intervenções, que aparentemente, é superior a capacidade orçamentária de São João da Barra. Assim, a busca para a solução mais exequível e sustentável do problema deveria considerar intervenções menos onerosas e com menor impacto ambiental negativo (BULHÕES, 2018). Para o autor, é necessária a construção de um consenso ou a adesão da maioria da opinião pública em concordar e defender que a adoção de alternativas para a defesa do litoral deve estar baseada na recuperação ambiental, a fim de restabelecer os serviços ecossistêmicos de proteção à costa.

Bulhões (2018) ainda recomenda ser fundamental vincular fontes de recursos para a manutenção periódica das ações de defesa do litoral, visto que a continuidade das intervenções de recuperação é necessária. Outras recomendações incluem a criação de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e a elaboração de um plano de manejo que contemple, no zoneamento, a proteção efetiva ao sistema praia-duna. O propósito é evitar o trânsito de veículos e outros usos que comprometam a estabilidade do sistema e viabilizar a construção de estruturas leves sobre as dunas, como passarelas suspensas, para garantir acessibilidade ao mar (BULHÕES, 2018).

Herzog e Rozado (2020) relatam uma iniciativa com SbN envolvendo a restauração ecológica de restinga no município de Cabo Frio/RJ, a qual cumpriu a função de proteção natural costeira. Os principais resultados da experiência demonstraram que a cobertura vegetal conteve a erosão costeira e eólica e reforçou a manutenção de dunas, impedindo o deslocamento de areia da praia, que frequentemente ocasionava problemas diversos ao cobrir as infraestruturas urbanas públicas e privadas.

Quanto ao Programa de Restauração Ecológica da RPPN Caruara, as formações florestais estão vulneráveis e passíveis de perturbações, principalmente por estarem estabelecidas em solos arenosos, altamente lixiviados e pobres em nutrientes, o que torna um fator dificultador para a restauração de restingas, quando degradadas (IPF, 2018). Outro desafio diz respeito a sustentabilidade econômica para garantir a manutenção da RPPN. Desse modo, entre as ações propostas para geração e captação de recursos, estão a proposição de projetos específicos à prefeitura, visando ao repasse do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)

ecológico para investimentos na RPPN, além da indicação de possíveis programas ou projetos referentes a PSA na região de influência da RPPN.

É essencial destacar que as ações da RPPN Caruara resultaram no reconhecimento em três prêmios socioambientais: Internacional Socioambiental Chico Mendes, FIRJAN de Ação Ambiental e Benchmarking Brasil (IPF, 2018). A importância ambiental da RPPN tem fortalecido parcerias com instituições acadêmicas em diferentes áreas, sendo fundamental para o desenvolvimento de estudos dentro da UC. Além disso, os diferentes aspectos fitofisionômicos da restinga compeliu o desenvolvimento de padrões de intervenção distintos, com técnicas específicas de restauração. À vista disso, o INEA tem atuado no monitoramento do programa, a fim de reunir dados sobre a restauração da vegetação e definir padrões específicos para as restingas fluminenses.

Ressalta-se, assim, o papel fundamental das UCs como locus para disseminação de experiências sustentáveis e inovadoras (Caso 3 e 5). O caso 5 alcançou 50 pontos na classificação de iniciativas com SbN. A falta de dados de custos de implementação do sistema de tratamento de efluentes sanitários da sede da EEEG inviabilizou a aplicação dos critérios adotados na pesquisa. No entanto, cabe ressaltar ter sido a única experiência com SbN encontrada voltada para o saneamento. De fato, um dos desafios relacionados às *wetlands* construídas está no fato de serem sistemas seminaturais poucos conhecidos, sendo importante reforçar sua divulgação, bem como apoiar a implementação desses sistemas alternativos para solucionar os problemas relativos à falta de esgotamento sanitário.

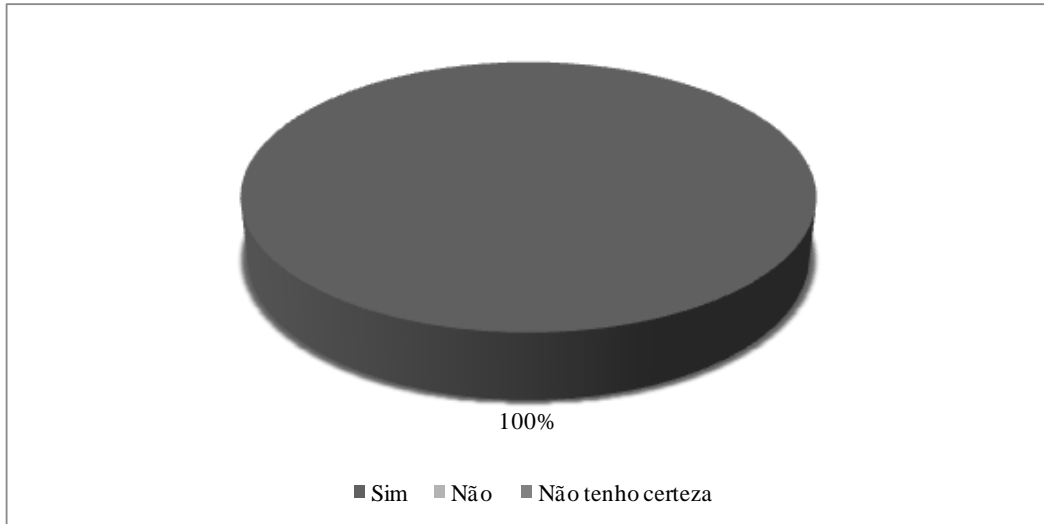
A avaliação de benefícios ou custos de implementação de SbN pode ser realizada utilizando uma gama de métodos qualitativos, quantitativos e mistos (RAYMOND *et al.*, 2017b). Contudo, a avaliação econômica enfrenta limitações em termos práticos, como a dificuldade de acesso e disponibilidade de dados consistentes e as complexidades e incertezas associadas aos modelos quantitativos de bacias hidrográficas (WWAP, 2018).

Entre as iniciativas com SbN analisadas, nenhuma incluiu o monitoramento dos serviços ecossistêmicos. Nessa perspectiva, estudos de quantificação e valoração dos serviços ecossistêmicos são fundamentais para avaliar a efetividade de SbN, a fim de mitigar ou prevenir os problemas relacionados à escassez hídrica e eventos hidrológicos extremos (IKEMOTO, 2020). Da mesma forma, estudos futuros de avaliação e comparação dos custos de iniciativas envolvendo SbN e infraestruturas cinzas podem trazer relevantes contribuições para a gestão de recursos hídricos.

Logo, as SbN apresentam um leque diversificado de ações que não são mutuamente excludentes, mas que podem atuar de forma complementar às infraestruturas cinzas, sendo mais efetivas em longo prazo, visto que os processos ecológicos aumentam a eficiência de todo o sistema

(NESSHÖVER *et al.*, 2017). Nesse sentido, conforme apresentado na Figura 3, todos os entrevistados consideraram importante a adoção de combinações entre infraestruturas verdes e cinzas na gestão de recursos hídricos da RH IX.

Figura 3 – Percentual de entrevistados que consideraram importante adotar combinações entre infraestruturas verdes e cinzas na RH IX.



Fonte: Elaboração própria

Torna-se, assim, necessário promover ações inovadoras que combinem SbN com soluções convencionais de infraestruturas cinzas para garantia de melhores resultados na qualidade da água da RH IX. Por exemplo, conforme descrito na experiência da EEEG com a adoção de biodigestor e *wetland* construída para o tratamento de efluentes sanitários, e o estudo proposto por Feltran-Barbieri *et al.* (2018), com base na restauração ecológica para melhoria da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Guandu.

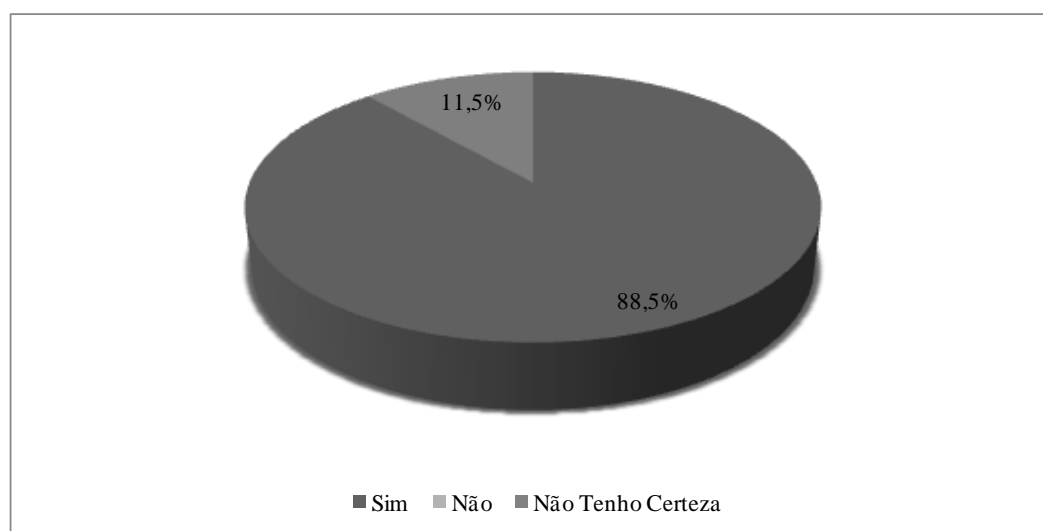
De acordo com Nesshöver *et al.* (2017), são necessárias mais pesquisas e avaliações imparciais e robustas sobre as SbN, principalmente em comparação com as infraestruturas cinzas, a fim de superar a inércia associada ao seu desenvolvimento e aplicação (WWAP, 2018; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2019). Para Ikemoto (2020), as SbN estão em desvantagem em comparação com as infraestruturas cinzas por exigirem métodos e ferramentas amplamente aceitas para estimar os custos, quantificar os resultados e medir seus impactos, ainda que os cobenefícios possam direcionar decisões favoráveis às SbN.

Com base na literatura técnica e acadêmica sobre a gestão de recursos hídricos na RH IX (SOFFIATI, 2013; TOTTI; SOFFIATI, 2014; INEA, 2018; BARROSO; SILVA; OLIVEIRA, 2019; CBH-BPSI, 2020; PROFILL, 2020) e incursões de campo realizadas no território em estudo, os principais aspectos e impactos ambientais negativos relacionados à água existentes na RH IX,

incluem: a escassez hídrica associada a aspectos climáticos locais; fragmentação florestal e ausência de matas ciliares; poluição doméstica e industrial; secas e inundações; uso e ocupação desordenada do solo; erosão do solo e assoreamento de cursos d'água; transposição de rios e barragens para aproveitamento hidroelétrico; eutrofização de lagoas e canais artificiais; irrigação; uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes; extração mineral; erosão costeira e intrusão salina.

Diante do cenário apresentado, há necessidade de criação e implementação de ações efetivas de gestão na RH IX, com a capacidade de articular a melhoria da disponibilidade hídrica quali-quantitativa e reduzir os riscos de eventos climáticos extremos. Assim, na Figura 4, é ilustrado que 88,5% dos entrevistados consideraram que as SbN são uma estratégia aplicável e/ou relevante para o enfrentamento de problemas ou desafios relacionados à água na RH IX (escassez hídrica, poluição por esgoto sanitário, ecossistemas ameaçados e secas e inundações), por exemplo, enquanto 11,5% não têm certeza a respeito da efetividade das ações de gestão a partir de SbN.

Figura 4 – Percentual de entrevistados que consideraram as SbN como estratégia aplicável e/ou relevante para o enfrentamento de desafios hídricos na RH IX.



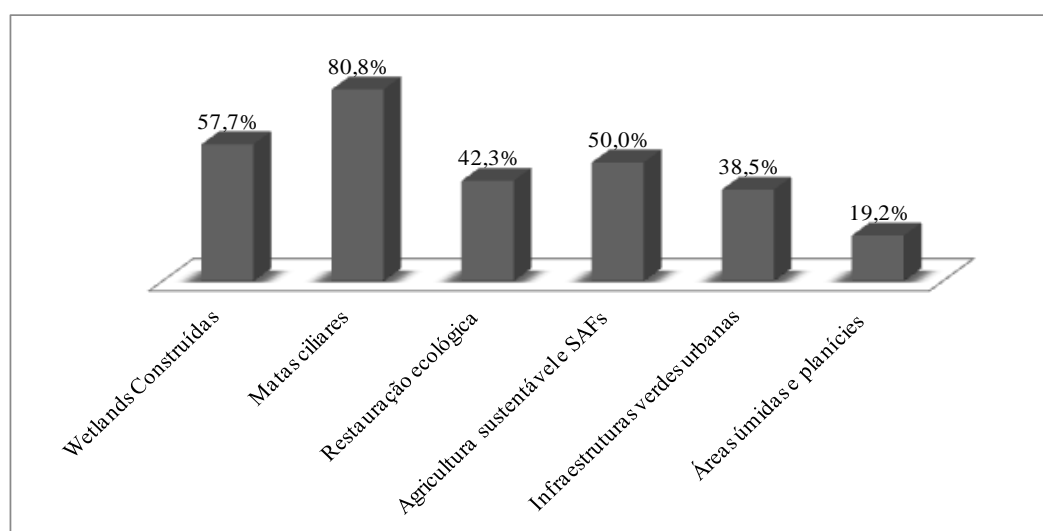
Fonte: Elaboração própria.

Segundo o WWAP (2018), uma das principais barreiras para a implementação de SbN está relacionada à falta de capacidade técnica para elaborar projetos adequados com o objetivo de captar recursos potenciais, bem como implementar os investimentos em ações que incorporem SbN em bacias hidrográficas. Da mesma forma, a falta de expertise técnica, ferramentas e abordagens para integrar infraestruturas verdes e cinzas, são os motivos que tornam as SbN comumente negligenciadas pelos tomadores de decisão no planejamento e gestão de recursos hídricos (WWAP, 2018; SHIAO *et al.*, 2020).

Para que as SbN sejam adotadas como opções relevantes de gestão, os benefícios esperados, os custos envolvidos, as instituições responsáveis e as estratégias de gerenciamento devem estar claros (WWAP, 2018). Além disso, a sensibilização, o envolvimento e a comunicação junto às partes interessadas são fatores essenciais para que as SbN sejam efetivamente consideradas no contexto de uma bacia hidrográfica (IKEMOTO, 2020). Logo, as iniciativas envolvendo SbN devem ser cuidadosamente projetadas e implementadas, a fim de evitar falhas e demonstrar robustez, aumentando a confiança sobre a efetividade das intervenções (WWAP, 2018).

Na Figura 5 são demonstradas as recomendações dos entrevistados quanto às tipologias de SbN consideradas prioritárias para o alcance do ODS 6 na RH IX. Entre elas, destacam-se a recuperação de APPs por meio da implementação de matas ciliares (80,8%), visando à melhoria na disponibilidade quali-quantitativa de água para os usos múltiplos; a implementação de *wetlands* construídas para a melhoria no acesso ao saneamento (57,7%); e a adoção de práticas conservacionistas da água e do solo, como a agricultura sustentável e SAFs (50%).

Figura 5 – Percentual de entrevistados que recomendaram SbN prioritárias para o alcance do ODS 6 na RH IX.



Fonte: Elaboração própria.

Os entrevistados também citaram a restauração ecológica de manguezais, restingas e áreas degradadas do bioma Mata Atlântica (42,3%); a criação de infraestruturas verdes urbanas como parques, telhados verdes e bacias de infiltração (38,5%); e o manejo sustentável de áreas úmidas e a reconexão entre rios e planícies de inundação (19,2%).

Segundo o Inea (2018), a proteção de mananciais de abastecimento público constitui a primeira linha de defesa para a proteção da saúde pública, evitando ou reduzindo a contaminação e minimizando os custos operacionais de tratamento de água. Apesar de haver um consenso na literatura a respeito dos impactos positivos de SbN para a melhoria da qualidade da água, as

evidências quanto aos efeitos da cobertura vegetal nos processos relativos à melhoria da disponibilidade hídrica em quantidade ainda são inconclusivas (IKEMOTO, 2020).

Nesse sentido, existem grandes variações dos efeitos hidrológicos da cobertura vegetal nas taxas de infiltração, vazões de estiagem e recarga de águas subterrâneas, e as SbN nem sempre são soluções custo-efetivas para resolver os problemas de uma bacia hidrográfica (IKEMOTO, 2020). Para tanto, é necessário realizar avaliações sólidas para a formulação, concepção, desenvolvimento e implementação de SbN, considerando o desempenho hidrológico e análise de custo-benefício das intervenções (WWAP, 2018; IKEMOTO, 2020).

Portanto, para o avanço da agenda de SbN, é fundamental que a concepção de políticas, medidas ou ações sejam desenvolvidas por meio da clareza dos benefícios e custos para a redução dos riscos à quantidade e qualidade da água de bacias hidrográficas, fortalecendo a adoção de SbN para o enfrentamento desse problema (IKEMOTO, 2020). Dessa forma, a gestão integrada de recursos hídricos poderá fornecer um ponto de partida oportuno como uma estrutura de integração reconhecida para orientar a implementação real de SbN em bacias hidrográficas (SHIAO *et al.*, 2020).

4. CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida mostrou-se não somente adequada para o alcance dos objetivos desta pesquisa, mas também replicável como ferramenta de gestão dos recursos hídricos, visando à análise e hierarquização de iniciativas com SbN. Entretanto, a dificuldade de acesso e a indisponibilidade de dados foram fatores limitantes para a aplicação do critério referente à comparação dos custos de implementação de iniciativas com SbN e infraestruturas cinzas. Não obstante, espera-se que a metodologia apresentada seja capaz de estimular a atuação dos órgãos gestores de recursos hídricos na busca e seleção de novas iniciativas a partir de SbN.

Os resultados evidenciaram que, com exceção das medidas de conservação florestal em UCs, as SbN possuem aplicação limitada nas bacias hidrográficas da RH IX, em face das políticas voltadas para sua implementação ainda serem incipientes. Dessa forma, há muito a ser realizado para alcançar a plena integração dos ecossistemas e serviços ecossistêmicos no planejamento do uso do solo e da água na RH IX. Ainda assim, neste estudo, foram identificadas experiências bem-sucedidas e inovadoras com o uso de SbN.

Os resultados também confirmaram que, as SbN são uma abordagem adequada para promover a gestão integrada de recursos hídricos na RH IX e o progresso regional de alcance ao

ODS 6, pois contribuem potencialmente para a manutenção, reabilitação e/ou provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à melhoria da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. Portanto, as SbN analisadas apresentaram-se como uma estratégia potencial para a reversão do quadro de degradação ambiental e para a sustentabilidade das bacias hidrográficas. Ressalta-se, ainda, o PSA como mecanismo promissor para o financiamento de SbN visando ao ODS 6, considerando que a RH IX possui áreas disponíveis para investimentos.

Os principais resultados da pesquisa de percepção ambiental sugerem que as ações de gestão por meio de SbN são aplicáveis e relevantes para o enfrentamento de problemas ou desafios relacionados à água na RH IX, com destaque para a implementação de matas ciliares visando à melhoria na disponibilidade hídrica quali-quantitativa para os usos múltiplos e a implementação de *wetlands* construídas para a melhoria no acesso ao saneamento. Pretende-se, ainda, que a visibilidade dada às SbN locais tenha efeito multiplicador de novas iniciativas para o enfrentamento de situações de escassez hídrica, poluição das águas e de eventos climáticos extremos, não só na RH IX, mas em todas as regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Entre as recomendações para o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos na RH IX a partir de SbN, destacam-se: promover o conceito de SbN em todos os setores da sociedade; sensibilizar e envolver tomadores de decisão; promover arranjos institucionais robustos envolvendo a participação de diferentes atores sociais; incentivar a combinação entre infraestruturas verdes e cinzas; reforçar iniciativas para concepção e implementação de SbN; monitorar, avaliar e divulgar os resultados das experiências implementadas para promover a gestão integrada de recursos hídricos; e estimular o PSA como opção de financiamento de SbN visando ao ODS 6. Como perspectivas de trabalhos futuros, sugere-se a modelagem de serviços ecossistêmicos, além da avaliação e comparação dos custos de SbN e infraestruturas cinzas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP – ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório de Situação:** Bacia do rio Paraíba do Sul. Resende, RJ: AGEVAP, 2018. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/conteudo/relsituacao2018.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2020.

ALBERT, C.; SCHRÖTER, B.; HAASE, D.; BRILLINGER, M.; HENZE, J.; HERRMANN, S.; GOTTWALD, S.; GUERRERO, P.; NICOLAS, C.; MATZDORF, B. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?.

Landscape and Urban Planning, v. 182, p. 12-21, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618310715>. Acesso em: 20 jun. 2020.

BARROSO, G. C.; SILVA, L. B. C.; OLIVEIRA, V. P. S. Analysis of the correlation between salinity and environmental variables in the estuary of the Paraíba do Sul river-Brazil. *In: As ciências do mar em todos os seus aspectos*. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 103-117. DOI: 10.22533/at.ed.48119090749.

BIRKINSHAW, S. J.; BATHURST, J. C. Model study of the relationship between sediment yield and river basin area. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 31, n. 6, p. 750-761, 2006.

BLAU, M. L.; LUZ, F.; PANAGOPOULOS, T. Urban river recovery inspired by nature-based solutions and biophilic design in Albufeira, Portugal. **Land**, v. 7, n. 4, p. 141, 2018. DOI: 10.3390/land7040141. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/7/4/141/htm>. Acesso em: 20 jun. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. [...] Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 138, p. 1-6, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=19/07/2000&jornal=1&pagina=45&totalArquivos=58>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 143, n. 246, p. 1-4, 26 dez. 2006. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=26/12/2006&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=328>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, Edição Extra, n. 248-A, p. 109-110, 29 dez. 2009. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/12/2009&jornal=1000&pagina=109&totalArquivos=160>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1-8, 28 mai. 2012.

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=28/05/2012>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 9, p. 7-9, 14 jan. 2021.

<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/01/2021&jornal=515&pagina=7&totalArquivos=278>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRAUMAN, K. A.; VAN DER MEULEN, S.; BRILS, J. Ecosystem services and river basin management. *In: Risk-Informed Management of European River Basins*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 265-294. Disponível em: https://doi-org.ez135.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-642-38598-8_10. Acesso em: 18 jan. 2021.

BROWDER, G.; OZMENT, S.; REHBERGER BESCOS, I.; GARTNER, T.; LANGE, G. M. **Integrating Green and Gray**: Creating Next Generation Infrastructure. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31430>. Acesso em: 21 out. 2020.

BULHÕES, E. M. R. **Erosão costeira e avanço do mar na localidade de Atafona. Causas, consequências e propostas de intervenção** – Relatório Técnico 01/2018. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Federal Fluminense, 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/17r7JI4rvi1OYyfOoEuFAGXT-hLpzMZE_/view. Acesso em: 27 set. 2020.

CARNEIRO, P. R. F. Água e conflito na Baixada dos Goytacazes. **REGA**, v. 1, n. 2, p. 87-100, 2004. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/64/fadaec7003b18aa44f2c001c7581c792_136560e1116c09cfb7ad321d216ac112.pdf. Acesso em: 18 jul. 2020.

CBH-BPSI – COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA. **Atlas da Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**. Campos dos Goytacazes, RJ: CBH-BPSI, 2020. Disponível em: http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/conteudo/Atlas%20Agevap_Digital.pdf. Acesso em: 17 set. 2020.

COHEN-SHACHAM, E.; ANDRADE, A.; DALTON, J.; DUDLEY, N.; JONES, M.; KUMAR, C.; MAGINNIS, S.; MAYNARD, S.; NELSON, C. R.; RENAUD, F. G.; WELLING, R.; WALTERS, G. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. **Environmental Science & Policy**, v. 98, p. 20-29, 2019.

DOI: 10.1016/j.envsci.2019.04.014. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901118306671?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2020.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (ed.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. p. 1-114. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

COPPETEC – COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro: R7 – Relatório Diagnóstico**. Rio de Janeiro, RJ: COPPETEC, 2014. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/~edisp/inea0062195.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2020.

COSTA, G. **Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do Rio Paraíba do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

COSTA, L. F.; FARIAS JÚNIOR, J. E. F.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; SILVA, L. D. O.; ACSELRAD, M. V. Crise hídrica na Bacia do rio Paraíba do Sul: enfrentando a pior estiagem dos últimos 85 anos. **Revista Ineana**, v. 3, n. 1, p. 26-47, 2015. ISSN: 2238-2496. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Ineana3_Completa-Vers%C3%A3o-Web.pdf. Acesso em: 2 out. 2020.

FELTRAN-BARBIERI, R.; OZMENT, S.; HAMEL, P.; GRAY, E.; MANSUR, H. L.; VALENTE, T. R.; RIBEIRO, J. B.; MATSUMOTO, M. M. **Infraestrutura Natural para Água no Sistema Guandu, Rio De Janeiro**. Brasil: World Resources Institute Brasil, 2018. ISBN: 978-85-69487-18-0. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/sites/default/files/InfraestruturaNaturalGuanduRJ.pdf>. Acesso em: 2 out. 2020.

FERNANDES, J. P.; GUIOMAR, N. Nature-based solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 6, p. 1925-1939, 2018.

DOI: 10.1002/ldr.2935. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez135.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1002/ldr.2935>. Acesso em: 20 jun. 2020.

FGV-EAESP – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Soluções Baseadas na Natureza. **Revista Página22**, São Paulo: FGV-EAESP, dez. 2017. Disponível em: http://www.p22on.com.br/wp-content/uploads/2017/12/P22ON_DEZEMBRO-2017-edfinal.pdf. Acesso em: 21 set. 2020.

G1 Norte Fluminense – O Portal de Notícias da Globo. Professor da UFF propõe aumento da faixa de areia como solução para erosão em Atafona e Açú. 5 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2019/04/05/professor-da-uff-propoe-aumento-da-faixa-de-areia-como-solucao-para-erosao-em-atafona-e-acu.ghtml>. Acesso em 1 out. 2020.

GOMES NÉTO, N. C. SOUZA, L. N.; CASTRO, C. A. F.; COSTA, D. A.; FERREIRA, M. I. P. Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas – Um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 51, p. 30-43, 2020. DOI: 10.18265/1517-0306a2020v1n51p30-43. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3695>. Acesso em: 1 Out. 2020.

HERZOG, C. P.; ROZADO, C. A. **Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza**: Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades. Bruxelas: Comissão Europeia, 2020. DOI: 10.2777/172968. Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/Portuguese-EU-Brazil-NBS-dialogue-low.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

IKEMOTO, S. M. **Modelo analítico de segurança hídrica a partir de Soluções baseadas na Natureza: aplicação na Bacia do rio Guapi-Macacu, RJ**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://ppgmeioambiente.uerj.br/wp-content/uploads/2020/10/Silvia_M_Ikemoto.pdf. Acesso em: 2 out. 2020.

IKEMOTO, S. M.; OLIVEIRA, M. B. D.; PEREIRA, G. B.; BARBOSA, D. F.; COSTA, M. M. Conexão Mata Atlântica-RJ: ações, resultados e perspectivas. **Revista Ineana**, v. 7, p. 7-29, 2019. ISSN: 2238-2496. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/revista-ineana-7-especial-PSA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais: principais iniciativas e avanços. **Revista Ineana**, v. 7, 2019. ISSN: 2238-2496.

Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/revista-ineana-7-especial-PSA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro**: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2018. ISBN: 978-85-63884-24-4. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Livro_Atlas-dos-Mananciais-de-Abastecimento-do-Estado-do-Rio-de-Janeiro.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba**: Plano de Manejo/Resumo Executivo. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2013. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/EEEG-RE-1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS**: ODS 6 – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190524_cadernos_ODS_objetivo_6.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

IPF – IPF SOLUÇÕES FLORESTAIS. **Plano de Manejo RPPN Caruara**: Caderno 1. Rio de Janeiro, RJ: IPF, 2018. Disponível em: https://portodoacu.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Plano-de-Manejo-Caruara_Caderno-1.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Terrestrial and Inland Water Systems. *In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. p. 271-359. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap4_FINAL.pdf. Acesso em: 17 jul. 2020.

KESSTRA, S.; NUNES, J.; NOVARA, A.; FINGER, D.; AVELAR, D.; KALANTARI, Z.; CERDÀ, A. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, pp. 997-1009, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.077. Disponível em: <https://www->

sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969717320752?via%3Dihub.Acesso em: 20 jun. 2020.

KRAUZE, K.; WAGNER, I. From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions – Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 697-706, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.187. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S004896971834542X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MARQUES, A. C.; RODRIGUEZ, D. A. Avaliação de Cenários de Mudanças Climáticas no Planejamento dos Recursos Hídricos do Sistema de Águas da Região Metropolitana Rio de Janeiro e do Baixo Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 249-258, 2020. DOI: 10.11137/2019_4_249_258. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13507/13100>. Acesso em: 19 jul. 2020.

MELAZO, G. C. Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. **Olhares & Trilhas**, v. 6, n. 1, 2005. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/olharet trilhas/article/view/3477/2560>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MUEHE, D.; LIMA, C. F.; LINS-DE-BARROS, F. M. **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Rio de Janeiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 267-296, 2007.

NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; JONES-WALTERS, L.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KULVIK, M.; REY, F.; VAN DIJK, J.; VISTAD, O. I.; WILKINSON, M. E.; WITTMER, H. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325578>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PROFILL – PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE. **Complementação e Finalização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba Do Sul - PIRH-PS e Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Afluentes**: Produto Final 02 – Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Porto Alegre, RS: PROFILL, 2020. Disponível em: http://18.229.168.129:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_591-2019_PF02_BPSI.pdf. Acesso em: 29 nov. 2020.

RAYMOND, C. M.; BREIL, M.; NITA, M. R.; KABISCH, N.; DE BEL, M.; ENZI, V.; FRANTZESKAKI, N.; GENELETTI, G.; LOVINGER, L.; CARDINALETTI, M.; BASNOU, C.; MONTEIRO, A.; ROBRECHT, H.; SGRIGNA, G.; MUHARI, L.; CALFAPIETRA, C.; BERRY, P. **An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects**. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-Based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Wallingford, UK: Centre for Ecology and Hydrology, 2017b.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017a. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.07.008. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901117306317?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2020.

RIO DE JANEIRO. Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio De Janeiro e revoga a Resolução CERHI nº 18, de 08 de novembro de 2006. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**: parte I, ano 39, n. 105, p. 35-36, 12 jun. 2013. Disponível em: http://www.ioerj.com.br/portal/modules/conteudoonline/mostra_edicao.php?session=VGxWUk0xRnFRVEZSYWxsMFRXdFZkMUZUTURCU1ZWRXhURlZHUmxGNlozUIJNRlpEVGtSTk0xRlVWVHbSTUZwRlRWU1ZOVTE2V1hwT1ZHtTFUVUU5UFE9PQ==. Acesso em: 1 jul. 2020.

SALLES, L. F.; SANTOS, D. A. R.; PEREIRA, G. B.; BARBOSA, D. F.; COSTA, M. M. Olhos d'Água: o PSA como instrumento de gestão territorial. *In: Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais: principais iniciativas e avanços*. Rio de Janeiro, RJ: Revista Ineana, 2019. p. 6-29. ISSN: 2238-2496. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/revista-ineana-7-especial-PSA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SHIAO, T.; KAMMEYER, C.; BRILL, G.; FEINSTEIN, L.; MATOSICH, M.; VIGERSTOL, k.; MÜLLER-ZANTOP, C. Business Case for Nature-Based Solutions: Landscape Assessment. United Nations Global Compact CEO Water Mandate and Pacific Institute. California: USA, 2020. ISBN: 978-1-940148-09-0. Disponível em: <https://ceowatermandate.org/nbs/wp-content/uploads/sites/41/2020/08/landscape.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **SNIS – Série Histórica**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Brasília, DF: SNS/MDR, 2018. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 1 jul. 2020.

SOFFIATI, A. **As lagoas do Norte Fluminense**: contribuição à história de uma luta. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia Editora, 2013.

SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J.; MATA, H. T. C.; BRITO, M. N.; GOLINSKI, J. Padrão de desenvolvimento tecnológico dos municípios das Regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 4, p. 946-969, 2009. DOI: 10.1590/S0103-20032009000400007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/resr/v47n4/a07v47n4.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

TOTTI, M. E.; SOFFIATI, A. **Gestão de águas no Baixo Paraíba do Sul**: região hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia Editora, 2014.

TOTTI, M. E.; THOMÉ, V. C. Governança no Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana: efetividade da lei e importância do tema para a agenda pública. **Revista de Políticas Públicas**, v. 24, n. 1, p. 126-136, 2020.

UN – UNITED NATIONS. **Transforming our world**: The 2030 agenda for sustainable development. General Assembly 70th session. New York: UN, 2015. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

UN – UNITED NATIONS. **United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030)**. General Assembly 73th session. New York: UN, 2019. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/3794317?ln=en>. Acesso em: 20 jun. 2020.

VON SPERLING, M; SEZERINO, P. H. Dimensionamento de *wetlands* construídos no Brasil. **Boletim Wetlands Brasil**, 2018. ISSN: 2359- 0548. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

WWAP – UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME/UN-WATER. **The United Nations World Water Development Report 2018**: Nature-based solutions for water.

Paris: UNESCO, 2018. ISBN: 978-92-3-100264-9. Disponível em:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 20 jun. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015. ISBN:
9781452242569.

ZHANG, J.; ZHANG, C.; SHI, W.; FU, Y. Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions. **Journal of Hydrology**, v. 568, p. 96-107, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.059. Disponível em:
<https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0022169418308308?via%3Dihub>.
Acesso em: 20 jun. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

AGARWAL, A.; ANGELES, M. S.; BHATIA, R.; CHÉRET, I.; DAVILA-POBLETE, S.; FALKENMARK, M.; GONZALEZ-VILLARREAL, F.; JONCH-CLAUSEN, T.; AÏT KADI, M.; KINDLER, J.; REES, J. A.; ROBERTS, P.; ROGERS, P.; SOLANES, M.; WRIGHT, A. **Integrated water resources management**. Global water partnership, 2000.

AGEVAP – ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório de Situação**: Bacia do rio Paraíba do Sul. Resende, RJ: AGEVAP, 2018. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/conteudo/relsituacao2018.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

ALBERT, C.; SCHRÖTER, B.; HAASE, D.; BRILLINGER, M.; HENZE, J.; HERRMANN, S.; GOTTWALD, S.; GUERRERO, P.; NICOLAS, C.; MATZDORF, B. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?. **Landscape and Urban Planning**, v. 182, p. 12-21, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618310715>. Acesso em: 23 out. 2020.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** – Cadernos de capacitação em recursos hídricos. Brasília, DF: ANA, v. 1, 2011. Disponível em: <http://biblioteca.ana.gov.br/asp/prima-pdf.asp?codigoMidia=117190&iIndexSrv=1&nomeArquivo=Caderno+v1%2Epdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

BENNETT, G.; CASSIN, J; CARROLL, N. Natural infrastructure investment and implications for the nexus: A global overview. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 293-297, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoser.2015.05.006. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S221204161530005X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2020.

BOTELHO, J. M.; CRUZ, V. A. G. Metodologia científica. **Londrina: Editora e Distribuidora Educacional**, 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470-474, 9 jan. 1997. Disponível em:

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/01/1997&jornal=1&pagina=4&totalArquivos=64>. Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...].

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1-8, 28 mai. 2012.

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=28/05/2012>.

Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 9, p. 7-9, 14 jan. 2021.

<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/01/2021&jornal=515&pagina=7&totalArquivos=278>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BROWDER, G.; OZMENT, S.; REHBERGER BESCOS, I.; GARTNER, T.; LANGE, G. M.

Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31430>. Acesso em: 21 out. 2020.

CASSALHO, F.; RENNÓ, C. D.; REIS, J. B. C.; SILVA, B. C. Hydrologic Validation of MERGE Precipitation Products over Anthropogenic Watersheds. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1268, 2020. DOI:

10.3390/w12051268. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1268/htm>. Acesso em: 20 out. 2020.

CBH-BPSI – COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA. **Atlas da Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**. Campos dos Goytacazes, RJ: CBH-BPSI, 2020. Disponível em:

http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/conteudo/Atlas%20Agevap_Digital.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

COHEN-SHACHAM, E.; ANDRADE, A.; DALTON, J.; DUDLEY, N.; JONES, M.; KUMAR, C.; MAGINNIS, S.; MAYNARD, S.; NELSON, C. R.; RENAUD, F. G.; WELLING, R.; WALTERS, G. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. **Environmental Science & Policy**, v. 98, p. 20-29, 2019.

DOI: 10.1016/j.envsci.2019.04.014. Disponível em: [https://www-](https://www-science)

[scienceperiodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901118306671?via%3Dihub](https://www-scienceperiodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901118306671?via%3Dihub).

Acesso em: 23 out. 2020.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (ed.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. p. 1-114. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en. Disponível em:

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 21 out. 2020.

COPPETEC – COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro: R7 –**

Relatório Diagnóstico. Rio de Janeiro, RJ: COPPETEC, 2014. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/~edisp/inea0062195.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.

FGV-EAESP – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Soluções Baseadas na Natureza. **Revista Página22**, São Paulo: FGV-EAESP, dez. 2017. Disponível em: http://www.p22on.com.br/wp-content/uploads/2017/12/P22ON_DEZEMBRO-2017-edfinal.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

GOMES NÉTO, N. C. SOUZA, L. N.; CASTRO, C. A. F.; COSTA, D. A.; FERREIRA, M. I. P. Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas – Um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 51, p. 30-43, 2020. DOI: 10.18265/1517-0306a2020v1n51p30-43.

Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3695>. Acesso em: 22 Out. 2020.

IKEMOTO, S. M. **Modelo analítico de segurança hídrica a partir de Soluções baseadas na Natureza: aplicação na Bacia do rio Guapi-Macacu, RJ**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

https://ppgmeioambiente.uerj.br/wp-content/uploads/2020/10/Silvia_M_Ikemoto.pdf. Acesso em: 22 out. 2020.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro**: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2018. ISBN: 978-85-63884-24-4. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Livro_Atlas-dos-Mananciais-de-Abastecimento-do-Estado-do-Rio-de-Janeiro.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS: ODS 6 – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190524_cadernos_ODS_objetivo_6.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

IPPC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Terrestrial and Inland Water Systems. *In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. p. 271-359. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap4_FINAL.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

JIN, G.; WANG, P.; ZHAO, T.; BAI, Y.; ZHAO, C.; CHEN, D. Reviews on land use change induced effects on regional hydrological ecosystem services for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 89, p. 33-39, 2015. Acesso em: DOI: 10.1016/j.pce.2015.10.011. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1474706515001308?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2020.

MAES, J.; JACOBS, S. Nature-based solutions for Europe's sustainable development. **Conservation letters**, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2017. DOI: 10.1111/conl.12216. Disponível em: <https://conbio-onlinelibrary-wiley.ez135.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/conl.12216>. Acesso em: 20 out. 2020.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.

NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; JONES-WALTERS, L.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KULVIK, M.; REY, F.; VAN DIJK, J.; VISTAD, O. I.; WILKINSON, M. E.; WITTMER, H. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325578>. Acesso em: 21 out. 2020.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017a.

DOI: 10.1016/j.envsci.2017.07.008. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez135.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1462901117306317?via%3Dihub>. Acesso em: 21 out. 2020.

RIO DE JANEIRO. Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio De Janeiro e revoga a Resolução CERHI nº 18, de 08 de novembro de 2006. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**: parte I, ano 39, n. 105, p. 35-36, 12 jun. 2013. Disponível em:

http://www.ioerj.com.br/portal/modules/conteudoonline/mostra_edicao.php?session=VGxWUk0xRnFRVEZSYWxsMFRXdFZkMUZUTURCU1ZWWRXhURlZHUmxGNlozUIJNRlpEVGtSTk0xRlVWVHbSTUZwRIRWUIZOVTE2V1hwT1ZHTTFUVUU5UFE9PQ==. Acesso em: 20 out. 2020.

SHIAO, T.; KAMMEYER, C.; BRILL, G.; FEINSTEIN, L.; MATOSICH, M.; VIGERSTOL, k.; MÜLLER-ZANTOP, C. Business Case for Nature-Based Solutions: Landscape Assessment. United Nations Global Compact CEO Water Mandate and Pacific Institute. California: USA, 2020. ISBN: 978-1-940148-09-0. Disponível em: <https://ceowatermandate.org/nbs/wp-content/uploads/sites/41/2020/08/landscape.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014. DOI: 10.11137/2014_2_123_138. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/6005/5513>. Acesso em: 21 out. 2020.

TOTTI, M. E.; SOFFIATI, A. **Gestão de águas no Baixo Paraíba do Sul**: região hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia Editora, 2014.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>. Acesso em: 21 out. 2020.

UN – UNITED NATIONS. **Transforming our world**: The 2030 agenda for sustainable development. General Assembly 70th session. New York: UN, 2015. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

WWAP – UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME/UN-WATER. **The United Nations World Water Development Report 2018**: Nature-based solutions for water.

Paris: UNESCO, 2018. ISBN: 978-92-3-100264-9. Disponível em:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 21 out. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015. ISBN:
9781452242569.

APÊNDICE - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DE PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense (PPEA/IFF)

Mestrando: Nilson Coutinho Gomes Néto

Público-alvo: membros do Comitê de Bacias Hidrográficas do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-BPSI) e informantes-chave da Superintendência Regional Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana do Instituto Estadual do Ambiente (Supbap/INEA).

- Data da entrevista: _____
- Nome: _____
- Instituição: _____
- E-mail: _____

→ SEÇÃO 1

1. Você considera o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) um instrumento econômico estimulante para a implementação de SbN visando ao ODS 6 na RH IX?

- () Sim
- () Não
- () Não tenho certeza

2. Você considera importante adotar combinações entre infraestruturas verdes (fornecidas pela natureza) e infraestruturas cinzas (construídas via engenharia) na gestão de recursos hídricos da RH IX?

- () Sim
- () Não
- () Não tenho certeza

3. Você considera que as SbN são uma estratégia aplicável e/ou relevante para o enfrentamento de problemas ou desafios relacionados à água na RH IX (escassez hídrica, poluição por esgoto sanitário, ecossistemas ameaçados, secas e inundações, entre outros)?

() Sim

() Não

() Não tenho certeza

4. Quais tipologias de SbN você considera prioritárias para o alcance do ODS 6 na RH IX?